

T
898

BIBLIOTECA UCM



530626377X

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA**

**HIDROGEOLOGÍA DE LAS TABLAS DE DAIMIEL Y DE LOS OJOS
DEL GUADIANA. BASES HIDROGEOLÓGICAS PARA UNA
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS**

TOMO I - MEMORIA



FACULTAD CC. GEOLÓGICAS
BIBLIOTECA

MANUEL GARCÍA RODRÍGUEZ

Madrid, enero de 1996

R. 8.139

**HIDROGEOLOGÍA DE LAS TABLAS DE DAIMIEL Y DE LOS OJOS DEL
GUADIANA. BASES HIDROGEOLÓGICAS PARA UNA CLASIFICACIÓN
FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS**


Tesis presentada en el Departamento de Geodinámica por D. Manuel García Rodríguez para la obtención del grado de Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid.

Esta Tesis ha estado dirigida por los doctores D. M. R. Llamas Madurga, Catedrático de Hidrogeología del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid y D. Joaquin Cruces de Abia, Catedrático de Física Aplicada de la Universidad de Cantabria.

Vº Bº Directores:



Dr. D. Ramón Llamas Madurga
Director



Dr. D. Joaquin Cruces de Abia
Co-director

INDICE GENERAL

ANTECEDENTES

AGRADECIMIENTOS

INDICE DETALLADO

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACUÍFERO DE LA MANCHA OCCIDENTAL
- 3.- ESTUDIO DETALLADO DE LAS TABLAS DE DAIMIEL Y OJOS DEL GUADIANA
- 4.- CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS
- 5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEJOS

ANTECEDENTES

La Tesis Doctoral que presentamos ha sido realizada en el Departamento de Geodinámica de la Univesidad Complutense de Madrid, y ha estado dirigida por el Catedrático de Hidrogeología de la Universidad Complutense de Madrid, Dr. M. Ramón Llamas Madurga, y el Catedrático de Física Aplicada de la Universidad de Cantabria, Dr. D. Joaquín Cruces de Abia.

El estudio de la hidrogeología de los humedales que formaban Las Tablas de Daimiel y los Ojos del Guadiana que se hace en esta Tesis Doctoral, ha sido posible gracias a la ayuda recibida como becario del Proyecto Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (FAEWE), que forma parte del Programa STEP (Science and Technology for Enviromental Protection) promovido por la Unión Europea.

El "Functional Analysis of European Wetland Ecosystems" (FAEWE) surge de la necesidad en Europa de hacer una valoración y clasificación funcional de los humedales, con una base científica que contribuya a entender y cuantificar la dinámica de los procesos que tienen lugar, y crear así mecanismos que eviten su degradación. Se trata de un proyecto multidisciplinar en el que participan las siguientes universidades y organismos:

- University of Exeter (Reino Unido).
- Free University of Amsterdam (Holanda).
- University of Birmingham (Reino Unido).
- University of Glasgow (Reino Unido).
- University of Rennes (Francia).
- University of Utrecht (Holanda).
- Auen Institute, Rastatt (Alemania).
- The National Parks and Wildlife Service, Dublin (Irlanda).
- Universidad Autónoma de Madrid (España).
- Universidad Complutense de Madrid (España).

El grupo de trabajo español está formado por los siguientes subgrupos:

- a/ Dpto. de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad Complutense de Madrid.
- b / Dpto. de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid.
- c/ Dpto. de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid.

El proyecto FAEWE se está desarrollando en dos fases de trabajo:

El FAEWE Fase I (ref. CT-90-0084)) tuvo una duración de tres años (1991-1994) y los objetivos de tipo genérico que se pretendían alcanzar en este proyecto eran los siguientes:

- 1.- Identificar, valorar y medir los procesos que controlan los humedales ribereños.
- 2.- Valorar las perturbaciones en estos ecosistemas por actividades del hombre.
- 3.- Relacionar con modelos dinámicos las perturbaciones antrópicas en todos los sistemas funcionales estudiados.

Los objetivos concretos de tipo hidrológico - hidrogeológico que ha realizado el del Grupo de Geodinámica de la U.C.M. durante la primera fase de este proyecto, se describirán en el apartado 4.2.1 de esta Tesis.

El FAEWE fase II (ref. CT94-0559) todavía no ha finalizado y tiene una duración de dos años (VII/1994 - VI/1996). El principal objetivo de esta fase es elaborar un manual de evaluación de humedales ribereños aplicable en Europa, a partir de los resultados que se obtuvieron en el FAEWE fase I. En el capítulo 4 de esta Tesis se tratan los objetivos de esta fase II alcanzados hasta la fecha.

La Tesis Doctoral que presentamos también ha formado parte de los siguientes proyectos:

1. Proyecto titulado "Relaciones entre la hidrología de los humedales del centro de España y sus características ecológicas: su aplicación como bases de una tipificación integrada para la conservación y la gestión" de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, CICYT (ref. NAT90-0721-C02). La duración de este proyecto ha sido de tres años (15/11/90 - 15/11/93).

2. Proyecto sobre la "Hidrogeología de las turberas del Guadiana", que se realizó por medio de un convenio de investigación entre la empresa Turbas del Guadiana S.A. y el Catedrático de Hidrogeología de la U.C.M., Dr. M.R. Llamas Madurga. Este trabajo formaba parte de una investigación más amplia realizada con el apoyo del Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), en colaboración con la Universidad de Castilla La Mancha y las Universidades Complutense y Politécnica de Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Con estas palabras quiero agradecer a todas las personas y organismos que de forma directa o indirecta han contribuido a la realización de esta Tesis Doctoral. Sin pretender hacer una lista exhaustiva de todas las personas que me han ayudado, en particular quiero mostrar mi agradecimiento a:

Dr. D. M.R. Llamas Madurga, Catedrático de Hidrogeología del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, que ha sido el director de esta Tesis Doctoral. El ha hecho posible que este trabajo saliera adelante poniendo a mi alcance todos los medios necesarios y proporcionándome la orientación científica para su buen desarrollo. Debo agradecerle muy especialmente el haber sido, en definitiva, la persona que más ha contribuido en mi formación como hidrogeólogo durante mi paso por la universidad.

Dr. D. Joaquin Cruces de Abia, Catedrático de Física Aplicada de la Universidad de Cantabria ha sido co-director de esta Tesis Doctoral. Deseo agradecerle, su buena disposición ante cualquier problema y en particular la continua orientación en temas relacionados con la interpretación del flujo subterráneo.

Dr. D. Pedro Emilio Martínez Alfaro, Catedrático de Hidrogeología del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, por sus consejos en temas particulares de la Tesis y por haberme facilitado la participación en cursos de especialización en hidrogeología, que han contribuido a mi formación durante el periodo que ha durado este trabajo.

Dr. D. Fermín Villarroya, Profesor Titular del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, quien me ha resuelto distintas dudas surgidas durante el periodo de la Tesis. Agradecerle además, su buen humor y simpatía que han contribuido a que este trabajo se hiciera más fácil.

en los malos momentos.

Dr. D. José Manuel González Monterrubio, profesor Asociado del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, por sus consejos en cuestiones particulares y simpatía que ha demostrado durante los cuatro años que ha durado esta Tesis Doctoral.

Dr. D. Juan José Sáenz Donaire, Catedrático del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad Complutense de Madrid, ha sido el investigador principal del FAEWE Fase I. Deseo agradecerle la labor de coordinación que ha realizado durante la duración de dicho proyecto, así como su continua colaboración durante el desarrollo de este trabajo. También quiero agradecer su disponibilidad y alegría, que han permitido que pasáramos muy buenos ratos.

Dr. D. Carlos Montes, Catedrático de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid, es el actual investigador principal del FAEWE Fase II, y quiero agradecerle su labor de coordinación durante esta segunda fase del proyecto FAEWE.

Dr. D. Juan Fornés, con quien he convivido y trabajado en estrecha colaboración durante el periodo de tiempo que duró la primera fase del proyecto FAEWE..

A todos los participantes del proyecto FAEWE, que con su esfuerzo bien sea de forma directa o indirecta, han permitido que este trabajo se pudiera realizar. En particular quiero agradecer la colaboración de los doctorandos del grupo español; Almudena Sánchez, María Dolores Díaz, Carmela Guerrero y Africa de la Hera, y Dr. Máximo Florín.

D. Fernando y D. Carlos Escribano, de la empresa "Turbas del Guadiana S.A", por su hospitalidad y amabilidad que han demostrado poniendo a mi

disposición todos los medios físicos que facilitaran los trabajos de campo en las turberas de los Ojos del Guadiana. También mi agradecimiento para el resto de las personas de la empresa Turbas del Guadiana S.A., con quienes he convivido, que han hecho que mi estancia en la zona de trabajo fuera más agradable.

Instituto Tecnológico y Geominero de España (ITGE), por las facilidades prestadas para acceder a sus archivos. En particular, a Dña. Juana Baeza, por la abundante información proporcionada de la Base de Datos de Aguas, que ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

D. José María Esnaola, doctorando del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, con quien he contrastado información de la Tesis y quien me ha facilitado información de sumo interés para el buen desarrollo de la misma.

Mis compañeros del grupo de hidrogeología por sus consejos, apoyo y simpatía que han demostrado durante todo el trabajo; José Luis Barroso, María Casado, María Elvira Hernández y Agustín Senderos.

Todos los profesores del Departamento de Geodinámica que me han animado durante el desarrollo de la Tesis, especialmente al Dr. D. Juan de Dios Centeno y Dra Dña. Guillermina Garzón, quienes me han acompañado a la zona de campo en alguna ocasión aportándome muy buenas ideas.

Dña. Asunción García, por su continua buena disposición para ayudar en todo lo que hiciera falta y en particular en las correcciones de mecanografía.

D. Miguel Angel Sanz y Alfonso García Llamas, que me han prestado su ayuda ante los problemas informáticos que me han ido surgiendo.

D. Agustín Blanco Argüero, por la ayuda en la delineación de algunas figuras que se muestran en esta Tesis Doctoral, y a José Amerises y Rosa Blanca

que me han ayudado en todo lo que hiciera falta.

A los propietarios y encargados de los pozos que me han permitido realizar el inventario de campo.

A mi familia, y muy especialmente a mi mujer, quien me ha prestado una valiosísima ayuda en el trabajo de campo, y ha sido en definitiva la persona que más directamente ha padecido los problemas que han ido surgiendo durante la Tesis.

INDICE DETALLADO

1.-INTRODUCCIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1.- OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL | 1 |
| 1.2.- IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES | 3 |
| 1.2.1.- <u>Características generales</u> | 3 |
| 1.2.2.- <u>Humedales manchegos</u> | 9 |
| 1.2.2.1.- <u>Origen de las lagunas</u> | 9 |
| 1.2.2.2.- <u>Antecedentes históricos de Las Tablas de Daimiel</u> ... | 10 |
| 1.2.3.- <u>Influencia de los regadíos sobre los humedales manchegos</u> | 15 |
| 1.2.4.- <u>El Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel</u> | 18 |
| 1.2.4.1.- <u>Primer trienio de trasvase con destino al PNTD</u> | 18 |
| 1.2.4.2.- <u>Segundo trienio de trasvase con destino al PNTD</u> | 19 |
| 1.2.4.3.- <u>Tercera aprobación del trasvase al PNTD</u> | 20 |
| 1.2.4.4.- <u>Futuras actuaciones para recuperar el PNTD</u> | 23 |
| 1.2.5.- <u>Plan de abastecimiento a la Llanura Manchega</u> | 26 |
| 1.3.- METODOLOGÍA UTILIZADA Y FASES DE TRABAJO | 29 |
| 1.3.1.- <u>Recopilación bibliográfica</u> | 29 |
| 1.3.1.1.- <u>Geología</u> | 29 |
| 1.3.1.2.- <u>Hidrogeología</u> | 31 |
| 1.3.2.- <u>Trabajo de campo</u> | 42 |

| | |
|---|----|
| 1.3.2.1.- Estudio geológico y geomorfológico | 42 |
| 1.3.2.2.- Estudio hidrogeológico | 44 |
| i.- Inventario de puntos de agua | |
| ii.- Red de control piezométrico | |
| iii.- Análisis químico de muestras de agua | |
| 1.3.3.- <u>Elaboración y tratamiento de datos</u> | 68 |
| 1.3.3.1.- Objetivos geológicos | 68 |
| i.- Mapa de síntesis geológico-hidrogeológico | |
| ii.- Perfiles geológicos detallados | |
| iii.- Cartografía de turberas | |
| 1.3.3.2.- Objetivos hidrogeológicos | 70 |
| i.- Elaboración de mapas | |
| ii.- Perfiles hidrogeológicos | |
| iii.- Hidrogramas | |
| 1.4.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 73 |
| 1.4.1.- <u>Características del karst</u> | 73 |
| 1.4.1.1.- Definición de karst y factores que intervienen | 73 |
| 1.4.1.2.- Disolución de las calizas | 75 |
| 1.4.2.- <u>Parámetros hidráulicos</u> | 77 |
| 1.4.2.1.- Porosidad y permeabilidad | 77 |
| 1.4.2.2.- Caudal específico | 79 |
| 1.4.2.3.- Transmisividad | 79 |
| 1.4.2.4.- Coefficiente de almacenamiento | 80 |

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACUÍFERO DE LA MANCHA OCCIDENTAL

| | |
|--|-----|
| 2.1.- GEOGRAFÍA FÍSICA | 84 |
| 2.1.1.- <u>Situación extensión y límites</u> | 84 |
| 2.1.2.- <u>Geología</u> | 86 |
| 2.1.2.1.- Introducción | 86 |
| 2.1.2.2.- Estratigrafía | 91 |
| i.- Materiales paleozoicos | |
| ii.- Materiales mesozoicos | |
| iii. Materiales terciarios | |
| iiii.- Cuaternario | |
| iiiii.- Rocas plutónicas y volcánicas | |
| 2.1.2.3.- Historia geológica | 96 |
| i.- Historia antigua | |
| ii.- Historia media | |
| iii.- Historia reciente | |
| 2.1.3.- <u>Clima</u> | 101 |
| 2.1.3.1.- Pluviometría | 102 |
| 2.1.3.2.- Evapotranspiración | 104 |
| i.- Evapotranspiración potencial | |
| ii.- Evapotranspiración real | |
| 2.1.3.3.- Evaporación | 109 |

| | |
|---|-----|
| 2.1.4.- <u>Hidrología de superficie. Bosquejo general</u> | 119 |
| 2.1.4.1.- <u>Río Azúer</u> | 122 |
| 2.1.4.2.- <u>Río Záncara</u> | 129 |
| 2.1.4.3.- <u>Río Cigüela</u> | 132 |
| 2.1.4.4.- <u>Río Guadiana</u> | 141 |
| 2.2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO GLOBAL | 152 |
| 2.2.1.- <u>Unidad hidrogeológica superior</u> | 153 |
| 2.2.2.- <u>Nivel intermedio detrítico</u> | 157 |
| 2.2.3.- <u>Unidad hidrogeológica inferior</u> | 159 |
| 3.- <u>ESTUDIO DETALLADO DE LAS TABLAS DE DAIMIEL Y OJOS DEL GUADIANA</u> | |
| 3.1.- ENCUADRE GEOGRÁFICO | 161 |
| 3.2.- GEOLOGÍA | 164 |
| 3.2.1.- <u>Plioceno y Pliocuaternalio</u> | 165 |
| 3.2.2.- <u>Cuaternalio y formaciones superficiales</u> | 167 |
| 3.3.- GEOMORFOLOGÍA | 171 |
| 3.3.1.- <u>Rasgos generales</u> | 171 |
| 3.3.2.- <u>Morfología kárstica</u> | 173 |
| 3.4.- ESTUDIO DE LAS TURBERAS DE LOS "OJOS DEL GUADIANA" | 177 |
| 3.4.1.- <u>Introducción</u> | 177 |
| 3.4.2.- <u>Consideraciones sobre la génesis de las turbas</u> | 178 |
| 3.4.2.1.- <u>El clima</u> | 179 |
| 3.4.2.2.- <u>La geomorfología</u> | 179 |
| 3.4.2.3.- <u>La litología</u> | 180 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.2.4.- La vegetación | 180 |
| 3.4.2.5.- El tiempo | 182 |
| 3.4.2.6.- La superficie de encharcamiento | 182 |
| 3.4.2.7.- Contenido en sales del agua | 183 |
| 3.4.3.- <u>La combustión espontánea de la turba</u> | 184 |
| 3.4.4.- <u>Edafología</u> | 186 |
| 3.4.5.- <u>Unidades cartográficas</u> | 188 |
| 3.4.6.- <u>Geometría de los cuerpos sedimentarios</u> | 191 |
| 3.5.- HIDROGEOLOGÍA DETALLADA DEL PARQUE NACIONAL TABLAS DE DAIMIEL | |
| 3.5.1.- <u>Introducción</u> | 197 |
| 3.5.2.- <u>Método de trabajo</u> | 199 |
| 3.5.2.1.- Recogida de datos | 199 |
| 3.5.2.2.- Mapas de isopiezas | 199 |
| 3.5.2.3.- Perfiles hidrogeológicos | 212 |
| 3.5.2.4.- Estudio de hidrogramas | 229 |
| i.- Características generales | |
| ii.- Piezómetros cercanos al PNTD | |
| iii.- Piezómetros alejados del PNTD | |
| iiii.- Conclusiones | |
| 3.5.2.5.- Hidrogeoquímica | 243 |
| i.- Introducción | |
| ii.- Hidrogeoquímica general de la zona de estudio | |
| iii.- Hidrogeoquímica del PNTD | |
| iiii.- Resultados | |
| 3.5.3.- <u>Valores de transmisividad</u> | 265 |

| | |
|--|-----|
| 3.5.4.- <u>Balance hídrico</u> | 274 |
| 3.5.4.1.- <u>Introducción</u> | 274 |
| i.- Fundamentos del balance hídrico | |
| ii.- Características generales de los balances existentes | |
| 3.5.4.2.- <u>Balance del PNTD en régimen natural</u> | 280 |
| i.- Balance según SGOP (12/83) | |
| ii.- Balance según MOPU - MAPA (1986) | |
| iii.- Balance según García y Llamas (1993) | |
| 3.5.4.3.- <u>Balance del PNTD en régimen perturbado</u> | 289 |
| i.- Balance según SGOP (12/83) | |
| ii.- Balance según MOPU - MAPA (1986) | |
| iii.- Balance del SGOP (06/88 - 03/93) | |
| iiii.- Balance Llamas (1989) | |
| 3.5.4.4.- <u>Metodología para realizar un balance hídrico correcto</u> | 308 |
| 3.6.- EFECTOS ECOLÓGICOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS | 322 |
| 3.6.1.- <u>Impactos sobre las Tablas de Daimiel</u> | 323 |
| 3.6.2.- <u>Impactos sobre el valle de los "Ojos de Gadiana"</u> | 326 |
| 3.6.3.- <u>Actuaciones antrópicas en el valle de los Ojos del Gadiana</u> | 329 |
| 4.- <u>CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS</u> | |
| 4.1.- INTRODUCCIÓN | 333 |
| 4.2.- EL PROYECTO FAEWE | 336 |
| 4.2.1.- <u>Fase I FAEWE</u> | 337 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.2.- <u>Fase II FAEWE</u> | 339 |
| 4.2.3.- <u>Estructura del manual FAEWE</u> | 340 |
| 4.2.4.- <u>Valoración de funciones hidrológicas</u> | 343 |
| 4.3.- CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS HUMEDALES RIBEREÑOS | 362 |
| 4.3.1.- <u>Objetivos de la clasificación</u> | 363 |
| 4.3.2.- <u>Definición de funciones hidrológicas</u> | 363 |
| 4.3.2.1.- Antecedentes | 363 |
| 4.3.2.2.- Funciones hidrológicas | 367 |
| 4.3.3.- <u>Aproximación mediante dibujos al conocimiento de la función</u> <u>que desempeña el humedal (fase cualitativa)</u> | 368 |
| 4.3.3.1.- Método de trabajo | 368 |
| 4.3.3.2.- Humedales ribereños en condiciones naturales | 369 |
| 4.3.3.3.- Humedales ribereños en condiciones antrópicas | 393 |
| 4.3.4. <u>Balance hídrico del humedal (fase cuantitativa)</u> | 398 |
| 5.- <u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u> | 401 |

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 2.1.a.- Extensión y límites del acuífero de la Llanura Manchega (SGOP 1985).
- Fig. 2.1.b.- Unidades hidrogeológicas de la Cuenca Alta del Guadiana (ITGE,1989)
- Fig. 2.1.c.- Esquema geológico de la Llanura Manchega (Bustamante, 1986).
- Fig. 2.1.d.- Corte geológico esquemático de la Llanura Manchega.
- Fig. 2.1.e.- Evolución de la pluviometría en la estación de Ciudad Real Instituto (1904/5 - 1992/93).
- Fig. 2.1.f.- Desviaciones acumuladas de las precipitaciones anuales respecto a su valor medio (1904/5 - 1992/93).
- Fig. 2.1.g.- Localización y caracterización hidrológica de la zona de estudio (Según Esnaola, 1991).
- Fig. 2.1.h.- Aportaciones superficiales del río Azuer (Según Esnaola, 1991).
- Fig. 2.1.i.- Relación acuífero - río, bajo Azuer (Según Esnaola, 1991).
- Fig.2.1.j.- Precipitaciones y aportaciones anuales de Azuer en Vallermosto (E. 101).
- Fig. 2.1.k.- Precipitaciones y aportaciones anuales de Azuer en Daimiel (E. 102).
- Fig. 2.1.l.- Aportaciones mensuales del río Azuer (E. 102).
- Fig. 2.1.m.- Aportaciones superficiales del río Záncara (Según Esnaola, 1991).
- Fig. 2.1.n.- Aportaciones superficiales del río Cigüela (Según Esnaola 1991).
- Fig. 2.1.ñ.- Relación acuífero - bajo Cigüela.(Según Esnaola,1991).
- Fig. 2.1.o.- Aportaciones mensuales del río Cigüela en Buenavista (E. 203).
- Fig. 2.1.p.- Precipitaciones y aportaciones anuales del Cigüela en Buenavista.
- Fig. 2.1.q.- Aportaciones anuales del Cigüela en Villarrubia.
- Fig. 2.1.r.- Aportaciones mensuales del Cigüela en Villarrubia.
- Fig. 2.1.s.- Aportaciones mensuales del Guadiana en Atajadero.
- Fig. 2.1.t.- Aportación anual del Guadiana en Atajadero.
- Fig. 2.1.u.- Aportaciones mensuales del Guadiana en Zuacorta.

- Fig. 2.1.v.- Aportación anual del Guadiana en Zuacorta (E. 909).
- Fig. 2.1.x.- Aportación mensuales del Guadiana en Puente Navarro.
- Fig. 2.1.y.- Aportación anual del Guadiana en Puente Navarro.
- Fig. 2.2.a.- Esquema del funcionamiento global del sistema (Según SGOP, 1982).
- Fig. 2.2.b.- Esquema de recarga y descarga de los acuíferos(Según SGOP, 1982)
- Fig. 2.2.c.- Relación entre los sistemas acuíferos de Campos de Montiel y de la Llanura Manchega (ITGE, 1989).
- Fig. 3.2.a.- Síntesis geológica e hidrogeológica de la zona de estudio (Modificado de CGS-INTECSA, 1973).
- Fig. 3.2.b.- Isobatas del muro de la formación carbonatada pliocena (IGME,1988).
- Fig. 3.2.c.- Mapa con la situación de los sondeos con columna litológica y situación de los perfiles hidrogeológicos.
- Fig. 3.3.a.- Mapa geomorfológico de la hoja: 760 "Daimiel" (IGME, 1988).
- Fig. 3.3.b.- Rasgos geomofológicos generales asociados al valle del Guadiana.
- Fig. 3.4.a.- Evolución de los incendios en los suelos orgánicos en la zona comprendida entre los "Ojos" del Guadiana y el Molino Molemocho.
- Fig. 3.4.b.- Perfiles edáficos tipo (Según Roquero, 1982).
- Fig. 3.4.c.- Cartografía de las turberas de los "Ojos del Guadiana".
- Fig. 3.4.d.- Perfiles de la turbera de Zuacorta.
- Fig. 3.5.a.- Isopiezas correspondientes a Septiembre de 1980, IX/1984 y X/1987 (Según SGDGH, 1991).
- Fig. 3.5.b.- Isopiezas correspondientes a julio de 1991.
- Fig. 3.5.c.- Isopiezas correspondientes a Octubre de 1992.
- Fig. 3.5.d.- Isopiezas correspondientes a Junio de 1993.
- Fig. 3.5.e.- Isovariación Octubre 1992- Junio 1993.
- Fig. 3.5.f.- Isopieza correspondiente a Octubre de 1993.
- Fig. 3.5.g.- Isovariación Junio 93-Octubre 93.
- Fig. 3.5.h.- Perfil hidrogeológico I-I'.
- Fig. 3.5.i.- Perfil hidrogeológico II-II'.

- Fig. 3.5.j.- Perfil hidrogeológico III-III'.
- Fig. 3.5.k.- Perfil hidrogeológico IV-IV'.
- Fig. 3.5.l.- Perfil hidrogeológico V-V'.
- Fig. 3.5.m.- Perfil hidrogeológico VI-VI'.
- Fig. 3.5.n.- Perfil hidrogeológico VII-VII'.
- Fig. 3.5.ñ.- Perfil hidrogeológico VIII-VIII'.
- Fig. 3.5.o.- Perfil hidrogeológico IX-IX'.
- Fig. 3.5.p.- Perfil hidrogeológico X-X'.
- Fig. 3.5.q.- Mapa con los hidrogramas más representativos.
- Fig. 3.5.r.- Mapa de isoconductividad eléctrica del agua (X/92 y VI/93).
- Fig. 3.5.s.- Mapa de calidad química en diagramas de Stiff (X/92 y VI/93).
- Fig. 3.5.t.- Situación de los pozos de la Red de Calidad Química del ITGE.
- Fig. 3.5.u.- Zonación de Las Tablas de Daimiel (Aranda G., 1993)
- Fig. 3.5.v.- Mapa de transmisividades (IGME-IRYDA, 1975; SGOP, 1979).
- Fig. 3.5.x.- Mapa de transmisividades (según datos del IGME, 1982).
- Fig. 3.5.y.- Mapa de transmisividades del acuífero de la Llanura Manchega (ITGE, 1989)
- Fig. 3.5.z.- Valores de transmisividad (según datos de ITGE y TRAGSA).
- Fig. 3.5.za.- Balance anual de Las Tablas de Daimiel en 1973/74(SGOP,1983).
- Fig. 3.5.zb.- Esquema de Las Tablas de Daimiel y rasgos más característicos de la zona.
- Fig. 3.5.zc.- Balance anual de Las Tablas de Daimiel (García y Llamas, 1993c):
 - a) situación en régimen natural.
 - b) situación actual para un año sin precipitaciones extremas
- Fig. 3.5.zd.- Altura del agua en las escalas del PNTD:
 - a) Datos según SGOP (06/88)
 - b) Datos SGOP (11/88)
- Fig. 3.5.ze.- Altura del agua en las escalas del PNTD (SGOP, 09/89).
- Fig. 4.2.a.- Función de humedal ribereño como control de avenidas.
- Fig. 4.2.b.- Función de humedal ribereño como zona de recarga de agua subterránea.
- Fig. 4.2.c.- Función de humedal ribereño como zona de descarga de agua

subterránea.

- Fig. 4.2.d.- Función de humedal ribereño como generación de cursos fluviales.
- Fig. 4.3.a.- Humedales de depresión alimentados por agua superficial (Según Novitzki R.P.,1982)
- Fig. 4.3.b.- Humedal como zona de descarga de agua subterránea (según Novitzki R.P.,1982).
- Fig. 4.3.c.- Clasificación hidrológica de los humedales de Inglaterra del Este (según Gilveral, D.J. et. al., 1989).
- Fig. 4.3.d.- Esquemas en planta de los posibles tipos de humedales ribereños.
- Fig. 4.3.e.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 1".
- Fig. 4.3.f.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 2".
- Fig. 4.3.g.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 3".
- Fig. 4.3.h.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 4".
- Fig. 4.3.i.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 5".
- Fig. 4.3.j.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 6".
- Fig. 4.3.k.- Posibilidades de actuaciones antrópicas sobre humedales ribereños.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.2.1.- Clasificación de humedales según Dugan (1992).
- Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte).
- Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua (2ª parte).
- Tabla 2.1.1.- Valores anuales de precipitación en el observatorio de Ciudad Real Instituto (1904/05-1992/93).
- Tabla 2.1.2.- Precipitación media mensual en el observatorio de Ciudad Real Instituto (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.3.- Temperatura media mensual en el observatorio de Ciudad Real Instituto (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.4.- Evapotranspiración potencial por Thornthwaite (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.5.- Cálculo de la ETR por Thornthwaite con reserva de saturación de 5 mm (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.6.- Cálculo de la ETR por Thornthwaite con reserva de saturación de 75 mm (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.7.- Resumen del balance hídrico con reserva de 50 mm (1990/91-1992/93).
- Tabla 2.1.8.- Evaporación media diaria en Ciudad Real Instituto según datos del I.N.M.(1990-1993).
- Tabla 3.5.1.- Parámetros inestables (X/92 - VI/93).
- Tabla 3.5.2.- Resumen de los análisis químicos en mg/l (X/92 - VI/93).
- Tabla 3.5.3.- Resumen de cationes en meq/l (X/92 - VI/93).
- Tabla 3.5.4.- Resumen de aniones en meq/l (X/92 - VI/93).
- Tabla 3.5.5.- Evolución de la conductividad eléctrica del agua entre 1977 y 1989 (datos ITGE).
- Tabla 3.5.6.- Evolución del pH del agua entre 1977 y 1989 (datos ITGE)
- Tabla 3.5.7.- Evolución de la conductividad y pH en el PNTD entre 1988 y 1993 (datos Aranda G., 1993)
- Tabla 3.5.8.- Resumen de cationes en meq/l en el PNTD (datos Aranda G., 1993)
- Tabla 3.5.9.- Resumen de aniones en meq/l en el PNTD (datos Aranda G., 1993)

Tabla 3.5.10.- Resumen de transmisividades de pozos del ITGE y TRAGSA.

Tabla 3.5.11.- Balance hídrico mensual del PNTD en 1973-74 (MOPU - MAPA, 1986).

Tabla 3.5.12.- Equivalencia entre cota del agua, superficie inundada y volumen almacenado en el PNTD (MOPU - MAPA, 1986).

Tabla 3.5.13.- Balance hídrico del PNTD, X/88 - VI/89 (SGOP, 09/89).

Tabla 3.5.14.-Balance hídrico del PNTD, XI/88 - VI/89 (modificado de SGOP, 09/89).

LISTA DE ANEJOS

Anejo I.- Fichas del inventario de campo personal.

Anejo II.- Columnas litológicas más representativas de la zona de estudio.

Anejo III.- Hidrogramas más representativos de la zona de estudio.

Anejo IV.- Análisis químico de muestras de agua.

1.- INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCION.

1.1.- OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL.

En este trabajo se ha pretendido hacer un estudio detallado del funcionamiento hidrogeológico de las Tablas de Daimiel y los Ojos del Guadiana, estudiando los cambios que se han ido produciendo en el humedal como *consecuencia de las actuaciones que ha hecho el hombre en esa zona*. Además, se ha intentado explicar cómo han variado, en función del régimen hidrogeológico, otros aspectos tales como la vegetación y los suelos de estas zonas húmedas.

Otro objetivo de esta Tesis, ha sido establecer unos criterios de clasificación funcional de humedales de clima semiárido. Para ello, además del estudio del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (PNTD), nos hemos basado en el funcionamiento de los humedales ribereños asociados al río Cigüela, que ha sido el tema de las Tesis Doctorales de Fornés Azcoiti J. (1994) y Africa de la Hera (en elaboración).

Parte de la información que hemos utilizado al estudiar los humedales del Cigüela, se debe a los trabajos del grupo de Geografía Física y Análisis Regional de la U.C.M., y al grupo de Ecología de la U.A.M.

Para lograr estos objetivos generales ha sido necesario alcanzar a una serie de objetivo concretos que pasamos a mencionar a continuación:

1- Estudio detallado de la geología del PNTD en profundidad.

2- Análisis de las precipitaciones en la región.

3- Definición del flujo subterráneo y análisis de las aportaciones hídricas a las Tablas de Daimiel.

4- Análisis crítico del "Plan de Regeneración Hídrica" del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel..

5- Revisión de los balances hídricos anteriores de las Tablas de Daimiel.

6- Cartografía de las formaciones superficiales del valle de los Ojos del Guadiana y estudio de la relación existente entre el descenso del nivel freático y la combustión de la turba.

7- Revisión de metodologías de trabajo empleadas en las clasificaciones de humedales ya existentes.

1.2.- IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES.

1.2.1.- Características generales

Los humedales, conocidos en la comunidad científica anglosajona con el nombre de "Wetlands", comprenden alrededor del 6 % de la superficie terrestre (Williams M., 1990).

En general, los humedales pueden ser divididos en dos grandes grupos, según sean costeros (marismas y zonas influenciadas por las mareas) que no trataremos en este trabajo, o terrestres (G. Burke, D. et al. 1988). Estos últimos usualmente se originan por combinación de encharcamiento de agua superficial y descarga de agua subterránea. Habitualmente van a estar asociados a ríos, lagos, a depresiones de la superficie donde se corta con el límite superior de la zona saturada, o en zonas donde dicho límite está muy próximo por algún tiempo a la superficie del terreno. En estas situaciones, la vegetación se adapta a una forma de vida sobre suelos húmedos, con la estabilización de comunidades de plantas hidrófitas (G. Burke, D. et al. 1988).

Los humedales han sido definidos y clasificados de muchas formas a lo largo de los años. Una categorización muy difundida fué la que daba la U.S. Fish and Wildlife Service (FWS) en 1979, donde hacía un inventario y clasificación primaria de los humedales de Estados Unidos (Cowardin et al. 1979).

Al intentar definir un humedal, el propio FWS indicaba la imposibilidad de dar una única definición, debido a la diversidad de tipos y al continuo cambio en la demarcación entre tierra húmeda y tierra seca que presentan.

En el libro de G. Burke, D. et al. (1988, pag. 1), puede verse la siguiente definición de "wetland" que daba el FWS en 1979:

"Wetland es una zona transicional entre un sistema terrestre y un

sistema acuático, donde el nivel del agua se encuentra usualmente cerca de la superficie, o el substrato está someramente cubierto por agua".

Para el propósito de esta definición, los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: 1/ al menos periódicamente la superficie debe estar cubierta predominantemente por hidrófitas, 2/ Tener un substrato formado por un suelo hídrico no drenado y 3/ el substrato debe estar saturado en agua o cubierto por agua superficial durante la mayor parte de cada año.

En Dugan (1992), se ofrece la clasificación de humedales (tabla 1.2.1) establecida por la International Union for Conservation of Nature (IUCN). En esta clasificación se distinguen: 1/ humedales de agua salada, 2/ humedales de agua dulce y 3/ humedales artificiales. Cada uno de estos grupos se subdividen a su vez en otros tipos.

En Llamas (1993) se analiza la clasificación de Dugan (1992), y se muestra cómo la influencia del componente hídrico subterráneo suele tener poca importancia en los humedales marinos o de estuario, pero puede ser significativa en los humedales continentales naturales o artificiales. Ejemplo de humedales asociados a manantiales o zonas de descarga de agua subterránea, son los casos de los Ojos del Guadiana y de Las Tablas de Daimiel.

El papel que desempeñan las aguas subterráneas en el funcionamiento de los humedales, ha empezado a considerarse con el interés que se merece, principalmente a partir de los trabajos de Custodio (1987), Kusler (1988) y Winter (1988).

| | | |
|---------------------------------------|------------------|---|
| 1. De agua salada | | |
| 1.1. Marinos | 1. Submareales | i) Aguas someras, permanentemente desprovistas de vegetación, con menos de 6 m de profundidad en marea baja. Incluye bahías y estrechos marinos. ii) Vegetación acuática submarina, incluyendo bancos de algas, pastos marinos y pradera marinas tropicales. iii) Arrecifes de coral. |
| | 2. Intermareales | i) Costas marinas rocosas, incluyendo acantilados y playas rocosas. ii) Playas con piedras y cantos rodados. iii) Planicies intermareales inestables, sin vegetación, incluyendo marismas y manglares en costas protegidas. iv) Sedimentos intermareales, cubiertos por vegetación, incluyendo marismas y manglares en costas protegidas. |
| 1.2. Estuarinos | 1. Submareales | i) Aguas estuarinas, aguas de estuario permanentes y sistemas de deltas estuarinos. |
| | 2. Intermareales | i) Planicies intermareales, salinas, de barra y de arena, con escasa cobertura vegetal. ii) Pantanos intermareales, incluyendo marismas, praderas salinas, pantanos elevados de agua salada, pantanos salobres y de agua dulce influenciados por las mareas. iii) Humedales boscosos de entre mareas, incluyendo manglares, pantanos de nipa, bosques inundados por agua dulce influenciados por las mareas. |
| 1.3. Lagunar | | i) Lagunas salobres o salinas con conexiones estrechas al mar. |
| 1.4. Lago salado | | i) Lagos, planicies o pantanos, permanentes o temporales, salobres, salinos o alcalinos. Lagunas saladas alto-andinas. |
| 2. De agua dulce | | |
| 2.1. Ribereños | Permanentes | i) Ríos y arroyos permanentes, incluyendo cascadas. ii) Deltas interiores |
| | Temporales | i) Ríos y arroyos estacionales o irregulares. ii) Llanuras ribereñas de inundación, incluyendo planicies de ríos, cuencas hidrográficas inundadas, praderas de inundación estacional. |
| 2.2. Lacustres | Permanentes | i) Lagos de agua dulce permanentes (de más de 8 ha), incluyendo las orillas sujetas a inundaciones estacionales o irregulares. ii) Estanques de agua dulce permanentes (de menos de 8 ha). |
| | Estacionales | i) Lagos de agua dulce estacionales (de más de 8 ha), incluyendo lagos de llanuras de inundación. |
| 2.3. Palustres | Emergentes | i) Pantanos y ciénagas de agua dulce permanentes sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente cuyas bases se encuentran por debajo del manto freático durante la mayor parte de su estación de crecimiento. ii) Pantanos de agua dulce que generan turba, incluyendo valles pantanosos tropicales de tierra adentro, dominados por <i>Papyrus</i> , <i>Typha</i> o <i>Scirpus</i> . iii) Pantanos de agua dulce estacionales sobre suelos inorgánicos, incluyendo lodazales, hoyas, bañados, praderas de inundación estacional y juncos. iv) Turberas, incluyendo suelos acidófilos, ombrogénicos o soleisoles cubiertos por musgo, hierbas o vegetación arbustiva enana y turberas de todo tipo. v) Humedales alpinos, andinos y polares, incluyendo praderas de inundación estacional alimentadas por aguas temporales provenientes del deshielo. vi) Manantiales de agua dulce y oasis con vegetación circundante. vii) Fumarolos volcánicos continuamente humedecidos por vapor de agua emergente y condensado. |
| | Boscosos | i) Pantanos de arbustos, incluyendo pantanos de agua dulce dominados por arbustos y malezas sobre suelos inorgánicos. ii) Bosques pantanosos de agua dulce, incluyendo bosques de inundación estacional y pantanos con bosques maderables sobre suelos inorgánicos. iii) Turberas boscosas, incluyendo bosques con pantanos de turba. |
| 3. Humedales artificiales | | |
| 3.1. Acuicultura/Maricultura | | i) Estanques para acuicultura, incluyendo estanques para peces y camarones. |
| 3.2. Agricultura/Ganadería | | i) Estanques, incluyendo estanques de fincas y estanques para el ganado. ii) Tierras irrigadas y canales de drenaje y escurrimiento, incluyendo arrozales, canales y acequias. iii) Tierras arables estacionalmente inundadas. |
| 3.3. Explotación de sal | | i) Salinas, salineras o salitrales. |
| 3.4. Urbanos-Industriales | | i) Excavaciones, incluyendo canteras, zanjas y pozos de minería. ii) Áreas de tratamiento de aguas servidas, incluyendo depósitos de aguas negras, estanques de sedimentación y estanques de oxidación. |
| 3.5. Áreas de almacenamiento de aguas | | i) Reservorios de agua para irrigación o consumo humano, con un patrón de vaciado gradual y estacional. ii) Represas hídricas con fluctuaciones regulares, semanales o mensuales, del nivel del agua. |

Tabla 1.2.1.- Clasificación de humedales según Dugan (1992)

En el pasado, las zonas húmedas fueron consideradas como tierras inútiles, las cuales debían ser transformadas para usos agrícolas, ampliación de zonas urbanizables o para usos industriales. Los humedales han ido adquiriendo mayor importancia en los últimos años a medida que los descubrimientos científicos han mostrado la importancia de su valor ecológico, y el reconocimiento de una serie de beneficios de índole socioeconómico, mediambiental y como soporte de fauna y flora. A continuación enumeramos los valores más importantes que tienen según G. Burke, D. et al.(1988):

Valores Socioeconómicos.

- 1.- Control de inundaciones en avenidas.
- 2.- Protección contra el oleaje.
- 3.- Control de la erosión.
- 4.- Descarga de agua subterránea.
- 5.- Abastecimiento de agua.
- 6.- Abastecimiento de madera y otros recursos naturales.
- 7.- Fuente de energía (turberas).
- 8.- Abastecimiento como pastos.
- 9.- Pesca y caza.
- 10.- Recreo.
- 11.- Paisajístico y estético.
- 12.- Educacional y científico.

Valores de calidad medioambiental.

- 1.- Mantenimiento de la calidad del agua.
 - Filtro de polución.
 - Renovación de sedimentos.
 - Producción de oxígeno.
 - Reciclado de nutrientes.

- Absorción química y de nutrientes.
- 2.- Productividad acuática.
- 3.- Reguladores del clima local.
- 4.- Control del clima mundial (capa de ozono).

Valores de faunísticos.

- 1.- Es hábitat de peces y fauna.
- 2.- Es hábitat de aves acuáticas y otras especies.

En Maltby, E. (1991), se hace una revisión de las funciones que pueden desempeñar los humedales.

Las principales causas que han producido la desaparición de los humedales son (según R.W.Tiner, Jr., 1984) las siguientes:

Amenazas directas sobre los humedales

- 1.- Drenaje para producción agrícola y de madera.
- 2.- Canalizaciones para navegación, desarrollo urbanístico costero, etc..
- 3.- Construcción de diques y presas para control de inundaciones, regadíos, abastecimiento de agua, etc...
- 4.- Descarga de contaminantes dentro del humedal.
- 5.- Explotación de turbas, arenas, gravas, fosfatos, etc...

Amenazas indirectas

- 1.- Alteración de la sedimentación por presas, canales profundos o por otras estructuras.
- 2.- Alteraciones hidrológicas por canalizaciones, terraplenes de carreteras etc...
- 3.- Subsistencia por extracción de agua subterránea, gas y otros minerales.

Amenazas naturales.

- 1.- Subsistencia.
- 2.- Temporales.
- 3.- Erosión y sedimentación.
- 4.- Efectos bióticos.

Según Hollis y Jones (1991), en la actualidad, los tres tipos de humedales más comunes en Europa y en la cuenca mediterránea son: "desaparecidos", "degradados" o "amenazados". En particular, como se irá viendo a lo largo de esta Tesis, los humedales de La Mancha pueden identificarse perfectamente con estos tipos, que son consecuencia principalmente del desarrollo agrícola y en menor medida de las actividades de contaminación industrial o urbana.

1.2.2. Humedales manchegos.

1.2.2.1.- **Origen de las lagunas.**

La génesis de las lagunas de la Mancha y los elementos paisajísticos que se asocian a cada una de ellas están íntimamente relacionados con la geología y la hidrogeología de la zona. Entre los factores hidrológicos más importantes que condicionan el funcionamiento de los humedales, podemos considerar: la precipitación, la evapotranspiración, el relieve o topografía, la geología, los suelos y la vegetación (Llamas, 1993).

La Mancha tiene una extensión aproximada de unos 30.000 km². Se caracteriza por tener una topografía muy plana con un alto endorreismo y una red fluvial que tiene un régimen semipermanente o estacional (De la Peña, 1987), que impide a las cuencas de los ríos encajarse.

Los humedales de La Mancha tienen calidades químicas del agua de muy distinta salinidad, dependiendo de que los aportes sean de origen superficial, subterráneos, o mixtos, y de la litología del substrato (García et al., 1995).

Por ejemplo las *lagunas salinas* (Fornés, 1994), pueden estar asociadas, aunque no necesariamente, a materiales salinos del Mesozoico (Triásico generalmente) y su aporte hídrico suele ser de origen subterráneo. Este aporte subterráneo no llega usualmente a compensar la evaporación estival y estas lagunas llegan a secarse totalmente quedando su fondo cubierto de sales evaporitas (González Bernaldez, F. et al, 1985).

Un ejemplo de humedal asociado a la descarga de agua subterránea lo constituye *Las Tablas de Daimiel*, que se formaban en la confluencia de los ríos Guadiana y Cigüela, y eran rebosadero natural del acuífero de La Mancha Occidental. Mientras que el río Guadiana aportaba un caudal constante de aguas de tipo mixto (Saez Royuela, 1977a y 1977b), sulfatado carbonatado - cálcico

magnésico y subsalinas (715-1047 $\mu\text{mhos/cm}$) durante la mayor parte del año, el Cigüela, de carácter marcadamente estacional aportaba aguas que eran sulfatado cálcico - magnésicas e hipersalinas (2121-5533 $\mu\text{mhos/cm}$). El equilibrio entre aportes hídricos tan distintos en cantidad y calidad, era lo que confería a la vegetación de las Tablas de Daimiel algunas de sus características más destacables.

Las Tablas de Daimiel y los Ojos del Guadiana, eran las zonas de descarga de agua subterránea más importantes de La Mancha. Otros ejemplos de lagunas alimentadas por la descarga de agua subterránea a favor de conductos kársticos en calizas localizadas en las proximidades de las Tablas de Daimiel, eran: La Nava, El Escoplillo, Navaseca, La Redondilla y La Albuera, actualmente desaparecidas.

1.2.2.2.- Antecedentes históricos de Las Tablas de Daimiel

Haciendo un poco de historia, las noticias más antiguas sobre la tradición cinegética de las Tablas de Daimiel se remontan al año 1325, cuando el Infante D. Juan Manuel describía en el libro de la caza la riqueza faunística de la región. También aparecen reseñas en las "Relaciones histórico-geográficas" cuya confección fué encargada por Felipe II en 1575 (Jimenez García - Herrera, J. 1992).

Las siguientes referencias importantes de las Tablas de Daimiel, son ya de mediados del siglo XIX, que eran conocidas destacando por su gran importancia cinegética, convirtiéndose en el lugar de caza para políticos y aristócratas.

Según Almagro Costa (1991), las primeras afecciones hídricas datan de la década de los cincuenta. Con la ley del 17 de julio de 1956 sobre "Saneamiento y colonización de los terrenos pantanosos que se extienden inmediatos a las márgenes de los ríos Guadiana, Cigüela, Záncara y afluentes de estos dos últimos en las provincias de Ciudad Real, Toledo y Cuenca", se pusieron en marcha las

obras de drenaje superficial que ya en 1897 había sugerido Mariano B. Díaz en su obra titulada "Importancia de la canalización del Guadiana para el desarrollo de la riqueza agrícola e industrial de la Mancha". Dichos canales de drenaje tenían un doble objetivo; desecar las zonas pantanosas para crear nuevas zonas cultivables, y contribuir al exterminio del "paludismo", que era muy abundante entre los habitantes de esta región.

En noviembre del año 1962 se reunía en Francia la "Conferencia MAR", promovida por la Unión Internacional para la Protección y Conservación de la Naturaleza (UICN), el Consejo Internacional para la Conservación de Aves (ICBP) y por la Oficina Internacional para la Investigación sobre Aves Acuáticas (IWRB), con el objetivo de analizar y dar solución a la alarmante destrucción de los humedales que estaba ocurriendo en Europa. En esta conferencia se elaboró una lista con los humedales más importantes de Europa donde se incluían las lagunas de Castilla la Nueva.

El 22 de diciembre de 1965 se constituyó la agrupación Sindical de Colonización de las márgenes de los ríos Guadiana, Záncara y Cigüela para abordar los trabajos de desecación previstos en la Ley de 1956. La superficie que se pretendía secar era de unas 30.000 ha.

El 31 de mayo de 1966, por la Ley 37/66, se creó la "*Reserva Nacional de Caza de las Tablas de Daimiel*", reglamentándose su funcionamiento por Decreto 262/67 de 9 de febrero. La superficie de la reserva se había estimado en 2.750 ha.

La declaración de Reserva no fué suficiente para detener la desecación de las Tablas que continuaba en aumento. En la década de los setenta se empieza a sentir el efecto de esos drenajes sobre las zonas pantanosas y algunos grupos conservacionistas dan la voz de alarma. El 26 de noviembre de 1971 la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos adoptó trasladar los trabajos de "saneamiento " a zonas que no pudieran incidir en las Tablas de Daimiel. A pesar

de ello, en 1972 hubo una situación de emergencia por el descenso del nivel del agua debido a las obras, que obligó a la administración de la Reserva y a la Dirección de Obras Hidráulicas, a construir represamientos y bombear agua. En estas mismas fechas, la Agrupación Sindical desecaba nuevos terrenos en las proximidades con créditos del Ministerio de Obras Públicas (Jimenez García - Herrera, 1992).

Como medida de protección de las Tablas de Daimiel, el día 8 de febrero de 1972, se ordenó al servicio provincial del ICONA de Ciudad Real la elaboración de un "Estudio- Propuesta" para la creación del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

Los objetivos principales que tienen las zonas con categoría de Parque Nacional son (ICONA, 1993):

1. Protección y conservación del espacio y sus recursos.
2. Concienciación a la sociedad sobre la necesidad de la protección del Medio Natural a través de un sistema de uso público.
3. Investigación y seguimiento.
4. Favorecer el desarrollo sostenido y compatible en la zona en que se asienta.
5. Representatividad de los distintos sistemas ambientales de un país.

Por Decreto 1874/1973, de 28 de junio, las Tablas de Daimiel se convierten en *Parque Nacional*, con una superficie de 1875 ha. Quedaron fuera del Parque

1.723 ha de la antigua reserva que fueron consideradas después como un cinturón de protección.

Un Parque se define según la Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, como:

Un área natural poco transformada por la explotación u ocupación humana que, en razón de la belleza de sus paisajes, la representatividad de sus ecosistemas, o la singularidad de su flora, de su fauna o de sus formaciones geomorfológicas, poseen unos valores ecológicos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente. En ellos se podrá limitar el aprovechamiento de los recursos naturales, prohibiéndose en todo caso los incompatibles con las finalidades que hayan justificado su declaración.

Para que sea Parque Nacional dicho espacio debe ser susceptible de poder ser declarado como Parque por una Ley de las Cortes Generales y que su conservación sea declarada de interés general de la Nación.

Con la Ley 25/1980 del 3 de mayo, se reclasificó el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

El 18 de marzo de 1982 se firmó el instrumento de adhesión de España a la "Convención relativa a los Humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas", también llamada Convención de Ramsar, y las Tablas de Daimiel pasaron a formar parte de la lista de ese convenio. Esta convención se celebró en Irán en el año 1971. Su finalidad era dar las bases para la cooperación internacional en lo referido a la conservación de humedales.

Como consecuencia del aumento de los regadíos en la región, en los años

1985 y 1986 hay un fuerte descenso del nivel del agua y la situación de las Tablas de Daimiel se ve en grave peligro de extinción. Así, el 17 de julio de 1987 se aprueba la ley de derivación durante tres años de volúmenes de agua del río Tajo a través del acueducto Tajo- Segura con destino al PNTD, y comienza el denominado "Plan de Regeneración Hídrica de las Tablas de Daimiel". Este Plan continúa todavía y será tratado en el apartado 1.2.4.

En marzo de 1995 se celebra en Sevilla la *"Conferencia Internacional sobre reservas de la Biosfera"* (Martín, 1995). La denominación de Reserva de la Biosfera se otorga a:

"aquellos lugares de especial interés natural, en los que se ha encontrado un equilibrio entre los usos impuestos por el ser humano y la conservación del medio ambiente".

En las decisiones tomadas en Sevilla se proponía expulsar de la lista de espacios con esa denominación, a las zonas que no cumplieran los requisitos.

El PNTD está incluido como Reserva de la Biosfera dentro de La Mancha Húmeda desde 1980 (MARTÍN, 1995). En esta "Conferencia", la Secretaria de Estado de Medio Ambiente, Dña. Cristina Narbona, intentó despejar dudas sobre la dudosa continuidad del PNTD con esta catalogación, afirmando que el MOPTMA tiene planes para salvar este humedal. Entre posibles soluciones que daba para su recuperación, se planteaba cambiar las prácticas agrícolas por otras de menor consumo de agua y hacer grandes inversiones económicas para la restauración de las zonas húmedas. Estas y otras actuaciones relacionadas se irán comentando, en parte, a lo largo de la Tesis.

1.2.3.- Influencia de los regadíos sobre los humedales manchegos

La intervención del hombre sobre los denominados "humedales de la Mancha", ha sido determinante en la evolución que han sufrido muchos de ellos. En la zona de estudio hay una serie de factores que han contribuido claramente a su desecación. Unos de forma directa: canales de drenaje, y otros indirectamente; los bombeos para regadíos. Esto ha ocasionado que Las Tablas de Daimiel se encuentren en la actualidad en un estado de "coma ecológico", y que las turberas asociadas a los "Ojos del Guadiana" estén sufriendo desde hace unos quince años un proceso de combustión espontánea, que probablemente hará desaparecer totalmente esos recursos en pocos años más.

Como ya comentamos en el apartado 1.2.2, en la década de los setenta las obras de "saneamiento" se detienen y Las Tablas de Daimiel son declaradas Parque Nacional en 1973. Sin embargo, en esos años, los grupos conservacionistas no se percataron de que el principal impacto ecológico no iba a proceder de esos drenaje superficiales, sino de la intensiva explotación de aguas subterráneas para regadíos que entonces se iniciaba.

Superficie regada y volúmenes de agua extraídos

Esta región ha pasado de tener una superficie regada con agua subterránea de unas 30.000 ha en 1974 a un máximo registrado de 133.000 ha en 1989 (SGDGOH 1991). En Esnaola et al (1995), se recogen las cifras oficiales más actualizadas, indicando que desde 1989 comienza una reducción de la superficie regada, alcanzando 116.691 ha en 1993.

La realidad es que resulta difícil precisar la superficie que se ha regado en los últimos años, y que se está regando actualmente, y la administración parece que tiene cierta dificultad en conocer el número de hectáreas reales que hay. Esta dificultad, se debe en parte, a la confusión del registro de tierras de regadío que se está originando principalmente a partir del "Plan coordinado de

actuación en la zona de la Mancha Occidental y Campo de Montiel de Castilla - La Mancha. Programa de compensación de las rentas agrarias en las unidades hidrogeológicas 0.4.04 de La Mancha Occidental y 0.4.06 del Campo de Montiel" (MOPT, 1992c), que se inició en noviembre de 1993.

Así pues, parece que se impone una revisión de las cifras de superficies regadas, ya que recientemente con motivo de las subvenciones, se han declarado - a juzgar por los artículos de prensa de 1994 (Ruiz, 1993; Villarejo, 1994) - más de 150.000 ha de regadío para esos años en el acuífero de la Mancha. Estas cifras son bastante superiores a las dadas en otros trabajos recientes ya comentados (cf. SGDGOH, 1991; Esnaola et al., 1995).

La recarga media estimada oficialmente de las aguas subterráneas del acuífero es del orden de 200-300 hm³/año. La explotación de agua subterránea alcanzó un máximo de unos 600 hm³ en 1988, que al parecer se redujo a unos 300 hm³ en 1993 (Esnaola et al. 1995). El SGOP (1983) estimaba que el intensivo bombeo realizado hasta las fechas, había supuesto un consumo de aguas subterráneas no renovables del orden de 2.000 hm³. En el año 1993 (Almagro 1995) el déficit acumulado alcanza una cantidad del orden de 3.200 hm³ y en octubre de 1995 según Ruíz (1995) el déficit es de 4.000 hm³.

Ya en 1980, debido a estas extracciones de aguas subterráneas, tanto las surgencias de Las Tablas de Daimiel como los Ojos del Guadiana, que en régimen natural aportaban un caudal de agua subterránea de unos 120 hm³/año en conjunto, se quedaron prácticamente secos. Por estas fechas, otros muchos humedales de la Llanura Manchega comienzan a desaparecer.

La afección de los bombeos también alcanza a los caudales de los ríos Záncara y Cigüela, afluentes del Guadiana. Hoy día, el caudal medio del río Guadiana aguas abajo de las Tablas -que antes era de unos 240 hm³/año- es nulo, ya que las aportaciones esporádicas del río Cigüela se infiltran en la gran balsa de recarga artificial que forman las Tablas de Daimiel, especialmente desde

que en su extremo de aguas abajo se construyó la presa de Puente Navarro (Llamas, 1989a).

En febrero de 1987 (B.O.P. 17/2/87) el acuífero de la Mancha fué declarado provisionalmente sobreexplotado. Desde esa fecha hasta la actualidad, el perímetro de sobreexplotación del "Acuífero 23" ha tenido numerosas modificaciones (Llamas y García, 1995). La última declaración de sobreexplotación con un perímetro diferente al que se daba en 1987 figura en el Diario Oficial de Castilla La Mancha del 13/1/95. Esta declaración, al parecer, ha sido recurrida ante los tribunales por algunos agricultores

Según Naredo y Gascó (1990), en 1974, antes de que comenzara la explotación intensiva de las aguas subterráneas para regadíos en la región, las lagunas o terrenos pantanosos de la Mancha ocupaban una superficie de unas 22.000 ha, que quedaron reducidas a unas 8.600 ha en 1980. La superficie de zonas húmedas actual debe ser sensiblemente inferior a la de 1980, aunque no conocemos las cifras precisas.

1.2.4.- El Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel

En el año 1987, por la Ley 13/1987, de 17 de julio, el Gobierno aprobó la Ley del "Plan de Regeneración Hídrica de las Tablas de Daimiel", consistente en aportar agua del río Tajo por el Acueducto Tajo - Segura (ATS) conducida por el río Cigüela; y en la realización de unos pozos de bombeo de aguas subterráneas dentro del Parque Nacional, que sólo se iban a poner en funcionamiento en casos de emergencia (Aranda, 1992b).

Previamente a la derivación de caudales con destino al PNTD, El MOPU realizó una "limpieza" y "acondicionamiento" del cauce del río Cigüela, afectando a un total de 130 km de los 155 que tiene que recorrer el agua. Este acondicionamiento consistió en la reprofundización de cauce y limpieza de la vegetación que pudiera frenar el avance del agua hacia su destino, cuyas fases y características pueden verse descritas en SGDGOH (1988a y 1988b). Esta canalización del Cigüela ya fué fuertemente criticada por Hollis (1988).

En efecto "la limpieza" del cauce del río Cigüela ha causado un impacto negativo favoreciendo la desaparición de muchos humedales ribereños (Fornés, 1994), tal como se anunció en Llamas (1989 b y 1991). En Hera et al. (1995) y Hera (1995) se detalla el impacto causado a un conjunto de humedales del Cigüela cuya superficie supera ampliamente la de las Tablas de Daimiel

1.2.4.1.- Primer trienio de trasvase con destino al PNTD.

Con la puesta en funcionamiento de dicho plan, durante los años 1988, 89 y 90 se trasvasaron un total de 41,2 hm³, de los 60 hm³ aprobados como máximo. En el informe 09/90 del SGDGOH (1990b), se presenta un resumen de los resultados conseguidos tras finalizar este primer periodo de derivación de caudales, y se dan las siguientes conclusiones:

1.- De los 41,2 hm³ derivados llegaron a las Tablas de Daimiel un 75%. La

distribución de los caudales fué de 12,1 hm³, 13,3 hm³, y 15,8 hm³, durante los años 1988, 1989 y 1990 respectivamente.

2.- El régimen de lluvias durante este periodo se ha considerado favorable lo que ha facilitado el transporte del agua.

3.- Los niveles de agua en Las Tablas de Daimiel conseguidos se han considerado próximos a los óptimos para el mantenimiento del ecosistema.

4.- La infiltración anual en la laguna puede cifrarse en unos 30 hm³. Esto significa que en años con condiciones climatológicas desfavorables, habrá que aportar este caudal para el mantenimiento de unos niveles óptimos en Las Tablas.

5.- El agua almacenada en Las Tablas deberá renovarse mediante la apertura de la presa de Puente Navarro para eliminar la contaminación acaecida durante los años 1989 y 1990.

El valor de infiltración en el PNTD estimado en 30 hm³/año coincide con el máximo fijado por la Ley (ver Garrido Roselló, 1991) para derivar en un año y que debería trasvasarse en los años completamente secos para mantener los niveles de inundación suficientes para el desarrollo de las aves. Más adelante veremos que la determinación de este aporte de 30 hm³/año carece de base científica como ya fué indicado en Llamas (1993).

1.2.4.2.- Segundo trienio de trasvase con destino al PNTD

El Gobierno consideró que el primer trienio de trasvase había sido un éxito. Así el Director General de Obras Hidráulicas declaró en Ya (7 de marzo de 1988) que Las Tablas de Daimiel habían "resucitado" y el Subdirector General de Obras Hidráulicas, López Camacho, según Agencia EFE (ver Diario de Navarra, 1990) declaró que había que "danielizar Doñana" (esto está en Llamas, 1995c y 1995d). Por ello, se prolongó la renovación con carácter experimental de los mismos

caudales para los años 91, 92 y 93, mediante Real Decreto-Ley 6/1990.

En los años 1991 y 1992 se derivaron un total de 17,7 y 6,5 hm³ respectivamente, de los cuales llegaron a las Tablas de Daimiel un 68% el primer año y un 40% el segundo (SGDGOH, 1993), no consiguiéndose mantener unos niveles óptimos de inundación en la laguna. Este hecho ya se preveía en el informe 09/90 de SGDGOH, donde se indicaba que serían necesarios al menos 30 hm³ anuales para compensar la infiltración. Por otra parte, no fué posible aumentar el volumen a derivar debido al bajo nivel que tenían los embalses de Entrepeñas y Buendía en la cuenca del Tajo como consecuencia de la sequía. Los caudales derivados apenas llegaron a las Tablas de Daimiel, pues buena parte del agua se infiltraba a lo largo del río Cigüela, que había permanecido seco durante la mayor parte de los meses anteriores al trasvase.

En el año 1993, con el Real Decreto-Ley 5/1993 del 16 de abril (B.O.E. 17/04/93 nº 92, pp. 11443), se autorizó la derivación de 10 hm³ con destino al Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, que no llegó a efectuarse debido a al escasez de agua en los embalses de Entrepeñas y Buendía. La autorización para la derivación de estos 10 hm³ no parece tener justificación, si tenemos en cuenta los resultados y las conclusiones que se extraían de los dos primeros trienios de trasvase.

1.2.4.3.- Tercera aprobación de trasvase con destino al PNTD

El 12 de enero de 1994 el Director General de Obras Hidráulicas ordena la derivación de 10 hm³ hacia el PNTD. El día 13 de enero se pone en marcha el plan con un caudal derivado que será de 2,9 m³/s durante 40 días, es decir, hasta finales de febrero.

El día 27 de enero hacemos nuestra primera visita al campo y comprobamos que tras 14 días de derivación el frente de agua sólo ha llegado a la localidad de Herencia, tras haber recorrido unos 100 km de substrato,

considerado como poco permeable. Todavía faltan 10 km para llegar a la estación de aforos de Buenavista (nº 203), y 60 km hasta el PNTD, recorrido a través del cual la infiltración se vería incrementada, por tratarse de un sustrato muy permeable (calizas karstificadas del acuífero 23).

Ocho días más tarde, el frente del agua había recorrido unos 15 km más, y en la estación de Buenavista (nº 203) según los datos de aforo de la Confederación Hidrográfica del Guadiana (C.H.G., 1994), pasaba un caudal de 100 l/s.

El día 15 de febrero el agua pasaba por el puente de Arenas de San Juan, 8 km aguas abajo de donde estaba once días antes. En la estación de aforos nº 203 (datos de C.H.G., 1994), pasa un caudal de 1.300 l/s, lo que parece indicar, que el sustrato y riberas a lo largo de todo el río Cigüela se ha saturado disminuyendo la infiltración y aumentando la velocidad de avance del agua. Este mismo día se observan trabajos de limpieza del cauce del Cigüela por parte del personal de la Confederación Hidrográfica del Guadiana para facilitar el avance del agua. También se quema el carrizo y otra vegetación existente en los últimos kilómetros del cauce del Cigüela, todavía secos, antes de su llegada al PNTD.

El día 22 de febrero el agua llega a la estación de Villarrubia de los Ojos (nº 204), donde la velocidad de avance es aparentemente nula, por estancarse el agua en zonas más deprimidas del lecho del río. Todavía faltan unos 10 km para que el agua llegue al PNTD y el trasvase está a punto de finalizar.

A la vista de la situación, por Resolución del Director General de Obras Hidráulicas, del 23 de febrero de 1994 se autoriza la derivación de 5 hm³ más, cuyo envío durará aproximadamente hasta mediados de marzo.

Según testimonio verbal del personal de ICONA el agua llega al Parque el día 6 de marzo. Los datos de la C.H.G., (1994) indican que el día 14 de marzo el volumen de agua superficial que se había incorporado al PNTD era de 1,4 hm³,

y el día 16 la superficie inundada era de 280 ha.

En el informe de la C.H.G., (1994), se indica que la máxima superficie alcanzada fué de 336 ha. No se especifica entre qué fechas se mantuvo esa superficie de inundación. De las 336 ha, 48 ha se debían a los aportes desde pozos en el Parque, que ya estaban desde enero, antes de que comenzara el trasvase. Parece por tanto, que la máxima superficie de inundación que se consiguió con el ATS fué de 288 ha.

A partir del día 25 de marzo el río Cigüela en Villarrubia de los Ojos está de nuevo completamente seco, indicando que hace ya unos cuantos días que el agua del trasvase no llega al Parque. No conocemos la fecha exacta de cuando dejó de entrar agua al PNTD.

En el informe C.H.G., (1994) se recojen los datos de aforos realizados por la propia Confederación Hidrográfica durante este último periodo de trasvase. Se dice que de los 15 hm³ derivados llegaron menos de 2 hm³ al PNTD sin especificar cuanto menos.

Durante este último periodo de trasvase cabe destacarse la polémica surgida por las tomas "ilegales" de agua, que los vecinos de Villafranca hicieron desde el río Cigüela para llenar sus lagunas (Sevilla, 1994).

El Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX, 1994), elaboró un informe donde se daban los resultados obtenidos de los análisis químicos e isotópicos realizados de muestras de aguas superficiales y subterráneas tomadas con motivo del último trasvase, entre el 14 de enero y el 15 de marzo de 1994. Este estudio se basaba, en gran parte, en el contenido en tritio de las aguas del trasvase Tajo-Segura, procedente de las Centrales Nucleares de producción de energía eléctrica existentes sobre el Tajo, que permite a este radionucléido ser un excelente trazador del comportamiento dinámico del agua trasvasada. Las conclusiones de este informe indicaban que el río Cigüela presenta pérdidas por infiltración

significativas del caudal trasvasado, y que por lo tanto dicho río no era un buen camino para llevar el agua del acueducto Tajo-Segura al PNTD.

Vistos los escasos caudales que han llegado a su destino en el último trasvase, el coste económico (unos 200 millones de pesetas) que ha supuesto esta operación y las conclusiones de los informes del seguimiento de los anteriores trasvases, parecen confirmarse las afirmaciones hechas anteriormente por Llamas (1988, 1989c y 1993) de que no existía una razón científica que justificara adecuadamente los trasvases realizados, cuyo coste total oscila sin duda entre 1.000 y 2.000 millones de pesetas.

1.2.4.4.- Futuras actuaciones para la recuperación del PNTD

Dada la insuficiencia de las aportaciones hídricas tanto naturales como procedentes del acueducto Tajo-Segura al PNTD, en los últimos cinco años se están realizando bombeos desde los pozos de emergencia del PNTD. No ha sido posible conocer con exactitud los volúmenes bombeados, pero según información verbal del personal del ICONA, el caudal máximo total de los 5 pozos existentes es del orden de unos 200 l/s. Esta información fué solicitada formalmente por el Director de esta Tesis a los últimos Directores Generales del ICONA, aludiendo a la directiva de la UE 90/313, pero las cartas certificadas y con acuse de recibo enviadas nunca tuvieron contestación (cf. Llamas, 1995c)

Recientemente el M.O.P.T.M.A a sacado a concurso una oferta para hacer un "Proyecto de captación y aplicación de aguas subterráneas, para situaciones de emergencia en el PNTD", que permita abastecer el PNTD con pozos. El surgimiento de esta oferta se debe, en parte, a los malos resultados obtenidos con el trasvase y a los caudales insuficientes que ha tenido el PNTD hasta la actualidad. En el Pliego de Prescripciones Técnicas para la contratación de la redacción de dicho proyecto, páginas 2 y 3 (M.O.P.T.M.A., D.G.O.H., 1995a), se reconoce la poca efectividad que ha tenido el Plan de Regeneración Hídrica del PNTD, donde se dice textualmente:

"Para asegurar cotas de inundación similares a las alcanzadas en los primeros años de actuación experimental hubiera sido necesario incrementar significativamente el volumen derivado desde el Tajo".

"La experiencia muestra que la importación de caudales es una medida eficaz para la conservación del Parque Nacional en los años con precipitaciones próximas a la media, pero no ofrece garantía suficientes en años secos, en los que la escasez de recursos en los embalses de cabecera del Tajo coincide con mayores necesidades de agua en el Parque Nacional"

En principio, desde nuestro punto de vista, no parece muy probable que con la medida de construir nuevos pozos, se pueda salvar el Parque de su crítica situación. De hecho, con los pozos que existen actualmente se obtiene un caudal que sólo permiten mantener inundada una superficie de unas 50 ha. Estos pozos son ya el resultado de una investigación previa (Aranda et. al. 1991, Aranda, 1992a).

Pensamos, en cambio, que este proyecto puede ser de gran utilidad si se hace con un enfoque adecuado, para conocer los valores reales de infiltración de la laguna. Estos datos son esenciales para cualquier futuro plan de actuación en Las Tablas de Daimiel.

Esta oferta de proyecto para la construcción de nuevos pozos en el PNTD, puede corresponder en parte, a las declaraciones que Dña. Cristina Narbona hizo el pasado 5 de julio durante la presentación del libro "La quimera del agua", anunciando una inversión de 20.000 millones para restaurar los humedales de Daimiel (Las Tablas de Daimiel, 1995).

La realidad es que, a pesar de las medidas tomadas, el ecosistema de las Tablas puede considerarse en un estado de "coma ecológico". En el verano de

1994, estaban encharcadas menos de 50 ha de las 600 ha que debería tener en estado natural para esta época del año. Esta superficie artificialmente inundada se ha mantenido prácticamente constante hasta octubre de 1995 (Sánchez Soler, 1995, Ruiz, 1995).

De todo este análisis vale la pena recordar, a modo de conclusión, algunas de las conclusiones o advertencias que ya se hicieron hace seis años (cf. Llamas, 1989 b):

1- *"En cualquier región del mundo en la que haya una fuerte demanda de agua va a ser muy difícil conservar sus ecosistemas si están ubicados en las zonas de descarga de acuíferos que contengan agua dulce. El valor económico de esta agua originará una fuerte presión política para permitir su explotación, a pesar del probable impacto ecológico".*

2- *"En la situación actual es muy difícil y caro restituir la situación original del humedal de las Tablas de Daimiel. La regeneración hídrica de Las Tablas de Daimiel, si no se trata con rigor científico y transparencia informativa, probablemente quedará reducida a una operación de "cosmética ecológica", para desprestigio de España. Además, puede dar una especie de patente de corso para destruir otros muchos humedales".*

Recordemos que en 1990, López Camacho, Subdirector General de Obras Hidráulicas, afirmaba que había que "daimielizar" el Parque Nacional de Doñana, el más importante humedal de la Unión Europea (declaraciones a la agencia EFE, reproducidas en el Diario de Navarra, 1990).

1.2.5.- Plan de abastecimiento de la Llanura Manchega

Después del último trasvase realizado y de los resultados de años anteriores, parece aceptado incluso por el Gobierno la ineffectividad de traer agua desde el ATS con destino al PNTD, canalizada por el río Cigüela. A partir de 1994 se empiezan a conocer estudios del MOPTMA, enfocados principalmente a la construcción de infraestructuras hidráulicas, presas y conducciones que parecen responder a los objetivos del Plan Hidrológico Nacional.

En enero de 1995 el MOPTMA presenta la edición previa de la "Memoria resumen del proyecto de conducción desde el embalse de la Garita para alimentación de las Tablas de Daimiel y para abastecimiento de municipios de la Llanura Manchega" (MOPTMA, D.G.O.H. 1995 b). La intención de esta propuesta, como indica su título, era llevar agua procedente del ATS a la Llanura Manchega, distribuida desde el embalse de la Garita en la cabecera del río Cigüela. Los objetivos que dice pretender con esta actuación son: 1/ garantizar el abastecimiento a poblaciones, 2/ regenerar hídricamente la denominada Mancha húmeda, 3/ mantener caudales ecológicos en los ríos y 4/ establecer una explotación racional de los acuíferos y lograr su regeneración.

Parece que los objetivos expuestos en esta memoria son contradictorios entre sí, ya que por una parte habla de mantener caudales ecológicos, regenerar humedales y acuífero, y por otra pretende distribuir el agua mediante conducciones artificiales. Además, no se justifica que es posible disponer de los caudales necesarios embalsados en la Garita que permitan garantizar todas las actuaciones previstas. Barroso y García, (1993) hacen un análisis de la ineffectividad que puede suponer la construcción del embalse de la Garita a partir de las aportaciones naturales del río Cigüela.

Parece que en realidad este proyecto no responde a una intención de dar la solución más económica ni ecológica más favorable, sino de iniciar las infraestructuras previstas en el Proyecto del PHN que permitan, quizás en un

futuro, realizar un nuevo macrotrasvase desde el Duero o el Ebro al Tajo. Algunos problemas que pueden surgir si se lleva a cabo esta actuación a nivel político entre cuencas e incluso con Portugal, se tratan en Llamas (1995 b).

En marzo de 1995, el MOPTMA, D.G.O.H (1995c), saca a información pública la Memoria-Resumen del Proyecto "Conducción de agua desde el ATS para incorporación de recursos a la Llanura Manchega" con objeto de dar a conocer al Organo de Medio Ambiente competente la intención de ejecutar las obras. El destino y usos del agua son los mismos que se exponían en la edición previa (MOPTMA, D.G.O.H., 1995b). Las cifras que daba sobre el volúmen de agua requerido para cubrir las demandas de la Mancha con aportes desde el ATS, en dos fases, eran:

1. Abastecimiento urbano: 45,1 hm³/año.
2. Abastecimiento industrial y ganadería: 16,1 hm³/año.
3. Usos ecológicos: 26 hm³/año.
4. Industria Puertollano: 30 hm³/año.

.....
Total: 117,2 hm³/año.
.....

En esta memoria se mostraba, a nivel de proyecto, las infraestructuras, depósitos y conducciones necesarias, para llevar a cabo las actuaciones previstas.

En Serna y López, (1995) se hace una dura crítica al proyecto del trasvase Tajo-La Mancha, analizando los principales impactos que puede suponer su realización, concluyendo que es necesario tender a un desarrollo sostenible con los propios recursos de la región. Esta misma conclusión fué también apuntada con anterioridad en Llamas (1995 b) y García M. (1995 b).

Sin embargo, en el mês de agosto último, en pleno verano el Gobierno aprueba el Real Decreto - Ley 8/95 mediante el cual se adjudican 50 hm³/año del

ATS para atender necesidades de abastecimiento y ecológicas. No se especifican cómo van a conseguirse esos 50 hm³/año, cuando el ATS ha sido absolutamente incapaz de cumplir sus compromisos de enviar 600 hm³/año a la cuenca del Segura y además ha tenido que incumplir el compromiso previo de mantener un caudal ecológico del Tajo de 6 hm³/s en Aranjuez. Legalmente este incumplimiento se ha solventado reduciendo oficialmente el caudal ecológico a 3 m³/s.

1.3.- METODOLOGIA UTILIZADA Y FASES DE TRABAJO

La elaboración de esta Tesis se ha realizado a partir del siguiente esquema de trabajo:

- 1.3.1.- Recopilación bibliográfica.
- 1.3.2.- Trabajo de campo.
- 1.3.3.- Elaboración de datos obtenidos.

A continuación se describe en que ha consistido cada una de ellas:

1.3.1.- Recopilación bibliográfica

Ha sido mucha y muy variada la información utilizada para redactar esta Tesis Doctoral. No parece necesario comentar detalladamente cada uno de los trabajos consultados, por lo que nos limitamos a comentar los que han tenido mayor importancia en los distintos campos de investigación.

1.3.1.1- **Geología**

Las consideraciones que se hacen referentes a la geología, se han extraído en su mayoría de los mapas Geológico e Hidrogeológico a escala 1:50.000, hoja 760, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, hoja de Tomelloso (IGME, 1972), de la Tesis Doctoral de Pérez González, A (1982) y de Bustamante (1986), así como de diversas publicaciones del Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP), a los que se harán referencia repetidas veces a lo largo de esta Tesis.

En la zona de Daimiel afloran materiales de edades muy distintas, pertenecientes al Ordovícico inferior, Plioceno y Cuaternario, así como rocas volcánicas postalpinas. Dada la diversidad de las rocas que encontramos, han sido muchos y de especialidades muy diversas los autores que han trabajado en

la zona. Por tanto sin el propósito de dejar a nadie en el olvido, a continuación citaremos a los que más han trabajado en los distintos campos de investigación.

Los primeros conocimientos de los materiales ordovícos de la región datan de 1856 por PRADO y VERNEUIL y BARRANDE. Posteriormente los conceptos estratigráficos fueron revisados por MALLADA (1896), HERNÁNDEZ PACHECO (1931), ALVARADO Y H.PACHECO (1934) y MACHENS (1954). Entre los trabajos regionales que tienen mayor interés destacar los realizados por BOUYX (1970), MARTIN ESCORZA (1975) y HAMMAN (1983).

Referente a los materiales volcánicos, los primeros datos que se tienen se deben a MAESTRE (1836) y ESQUERRA DEL BAYO (1844). Estudios posteriores y más detallados son los realizados por QUIROGA (1880), CALDERON (1883) y GONZALEZ REGUERAR (1920). Más tarde los trabajos que realizan HERNÁNDEZ PACHECO (1921), HERNANDEZ PACHECO en las hojas geológicas 1:50.000 del IGME (1935) y principalmente la monografía de HERNANDEZ PACHECO (1932), dan una visión de conjunto de esta región volcánica. Sobre la caracterización geoquímica de las rocas destaca el trabajo de PARGA (1935). Referente a la relación entre rocas volcánicas y sedimentarias los últimos trabajos son los efectuados por MOLINA et al. (1972) y MOLINA (1974 y 1975) y de IBARROLA y BRANDLE (1974). Los últimos trabajos sobre vulcanismo donde se estudia la zona en detalle corresponden entre otros a : ANCOCHEA et al. (1979) y ANCOCHEA (1983).

Las primeras referencias que se tienen sobre los materiales terciarios corresponden a CORTAZAR (1880). Posteriormente aparecen los trabajos de ALVARADO et al: (1931 y 1932) y H.PACHECO F. (1932). Otros trabajos son los de MOLINA et al.(1972) y MOLINA (1974,1975). PEREZ GONZALEZ (1981) sintetiza los datos estratigráficos y paleontológicos existentes sobre Campos de Calatrava.

Particularmente sobre la LLanura Manchega Occidental, entre Daimiel,

Villarta de San Juan y Manzanares pueden citarse las hojas geológicas de la primera serie como las de Villarta de San Juan (MESEGUER, 1953), Manzanares (H.PACHECO, 1935) y Daimiel (ALVARADO y H.PACHECO, 1934).

Otros trabajos que quizás presentan mayor interés para el conocimiento del subsuelo, son los datos aportados por: SANZ (1946), sobre recopilación de sondeos y el "Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana", realizado por CGS e INTECSA en 1975.

Sobre los materiales del cuaternario y formaciones superficiales así como de la geomorfología, los trabajos de mayor interés sin duda son los de MOLINA (1974,1975) y PERÉZ GONZALEZ (1981).

Hasta el momento se han mencionado los trabajos de los distintos autores que han tenido un interés general para el conocimiento regional de la geología. Para la elaboración de ésta Tesis Doctoral se ha contado, además, con la siguiente documentación de carácter estrictamente geológica y particular de la zona de estudio:

1.- Información sobre columnas litológicas de sondeos extraídos de fichas del inventario de puntos de agua del archivo del ITGE.

2.- Columnas litológicas de los sondeos del Parque Nacional "Tablas de Daimiel", proporcionadas por TRAGSA. Estas columnas junto con las del ITGE han sido las que en definitiva nos ha permitido conocer detalladamente la geología en profundidad y elaborar los perfiles geológicos detallados.

1.3.1.2.- Hidrogeología

La zona estudiada, por su interés como Parque Nacional y por la evolución que ha tenido durante los últimos 20 años, ha sido motivo de que fuera objeto de numerosos estudios por parte de organismos tales como el ITGE y el SGDGOH

(antes SGOP), así como por otras entidades.

La caracterización general del acuífero de la Mancha Occidental que se hace, está basada principalmente en los sucesivos informes que el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPT) viene realizando desde 1975, por ser el organismo que más ha trabajado en la zona.

A continuación se menciona cada uno de los trabajos existentes sobre hidrogeología, en los que se hace un breve comentario de lo que ha consistido la investigación realizada en ellos:

Entre los primeros estudios serios, por su profundización en materia de hidrogeología, caben destacar los trabajos del SGOP realizados en 1975 y 1977 que comentaremos a continuación.

El primero de ellos se titulaba "Avance de los resultados obtenidos en el reconocimiento hidrogeológico de la zona de las Tablas de Daimiel".(SGOP,1975). En el se describe la geología de la zona y se define la tendencia de investigación para futuros informes, que entre otros tendrá como objetivos prioritarios: a/ hacer un balance hídrico de las Tablas de Daimiel y b/ cuantificar los efectos sobre las mismas de la explotación intensiva del agua subterránea para regadío en la región.

Con posterioridad, en el informe titulado "Los descensos del nivel piezométrico en la zona de Daimiel (Ciudad Real)" del SGOP(1977), se desarrollan parte de los objetivos propuestos en el anterior informe y se preveen las consecuencias sobre el equilibrio de los recursos subterráneos, de continuar las extracciones por bombeo al ritmo que se venían haciendo. Estas previsiones se hicieron cuando todavía no se habían notado las repercusiones de la explotación del acuífero. Se recomendaba evaluar los recursos de la región para un adecuado aprovechamiento en el futuro.

Otros trabajos que se han venido realizando posteriormente con cierta regularidad han sido los siguientes:

"La influencia de las Tablas de Daimiel en la extracción de aguas subterráneas en la Llanura Manchega". Informe 11/79 (SGOP, 1979).

Este trabajo tenía como finalidad estudiar el funcionamiento hidráulico general, encaminado a una buena gestión de los recursos hídricos para conseguir un adecuado aprovechamiento agrícola. El estudio consta de dos partes : a/ estudio del funcionamiento hidráulico global en régimen estacionario y b/ la influencia en el Parque Nacional Tablas de Daimiel (PNTD), de las extracciones de aguas subterráneas según su distribución temporal y espacial. Se utilizó por primera vez un modelo unidimensional en régimen transitorio, donde se preveían las zonas que quedarían más afectadas en las proximidades de las Tablas.

"Investigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana" IGME,(1980a).

Formaba parte del plan de investigación de aguas subterráneas integrado en el II Plan de Desarrollo Económico y Social. Su finalidad era conocer los acuíferos de la cuenca alta y media del Guadiana, con la intención de evaluar los recursos de aguas subterráneas en cada uno de ellos.

"Sobre las características del terreno en Puente Navarro Parque Nacional Tablas de Daimiel (Ciudad Real)". Informe 09/82 (SGOP,1982a).

En este informe se recogen los resultados definitivos de los trabajos que se efectuaron para el estudio del terreno donde se asentaría la presa de Puente Navarro.

"Estudio de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca Alta del Guadiana". Estudio 12/82 (SGOP, 1982b).

El estudio consta de cinco informes, donde se estudian: a/ el desarrollo del regadío por aguas subterráneas y demandas, b/ hidrología superficial, c/ hidrogeología y d/ calidad de las aguas. A partir del análisis sobre las aportaciones y las demandas de agua en la cuenca alta del Guadiana se elaboró un modelo matemático bicapa para la simulación del embalse subterráneo. Este trabajo junto con la red de aguas superficiales, permitió elaborar un modelo global de gestión del acuífero de la Mancha Occidental.

En este trabajo ya se planteaba el déficit anual del balance hídrico y explicaba por tanto, el origen del descenso del nivel piezométrico. Se preveía también la falta de drenaje natural en las Tablas de Daimiel y la afección al ecosistema que ello suponía. Ante las pesimistas expectativas para las Tablas por la escasez de agua, en el informe nº3 se recogían las siguientes líneas de actuación para resolver el problema: a/ aprovechar al máximo los recursos hídricos de la llanura Manchega, b/ importación de recursos hídricos ajenos al sistema y c/ reducción de los consumos de agua.

Con la importación de recursos hídricos ajenos a la cuenca, se hacían las siguientes propuestas: a/ derivación de 40-60 hm³/año del Acueducto Tajo-Segura (ATS) a través de la cabecera de los ríos Cigüela y Záncara, b/ derivación desde el río Bullaque y c/ de la combinación de las dos alternativas anteriores. Como puede verse la cifra de 50 hm³/año de trasvase de agua desde el ATS a La Mancha (aprobado con el Real Decreto - Ley 8/95 antes mencionado), tiene aquí un precedente. Ahora bien, según este Decreto - Ley casi todo el agua del ATS tiene como destino abastecimientos urbanos e industriales.

"Estudio de la explotación de aguas subterráneas en las proximidades del PNTD y su influencia sobre el soporte hídrico del ecosistema" Informe 12/83 (SGOP, 1983).

Se centra en el estudio de un área de unos 800 km² en torno al PNTD,

donde se intenta cuantificar el efecto de los regadíos sobre dicho humedal. En él, se elaboran varios balances hídricos de las Tablas de Daimiel, se estudia la calidad química de las aguas subterráneas y se hace una simulación del impacto de los regadíos al ecosistema, según diferentes periodos. Las alternativas de actuación como consecuencia de éste informe, consistían entre otros en: a/ limitar la perforación de pozos, b/ trasvase desde otras cuencas y c/ construcción de pozos para bombear agua a las Tablas de Daimiel.

"Síntesis hidrogeológica de Castilla- La Mancha" IGME,(1985a).

Trataba de sintetizar y actualizar toda la información sobre las cuencas hidrogeológicas situadas en Castilla-La Mancha. Se recalca el efecto negativo de las extracciones de agua subterránea para el equilibrio ecológico de las Tablas de Daimiel y de otros humedales. Como líneas de actuación proponía: a/ aportar agua desde el Acueducto Tajo-Segura a través de los ríos Riansares, Cigüela y Záncara, y b/ ensayos de recarga artificial al sistema.

"Sobreexplotación del acuífero de la Llanura Manchega" Informe 06/86 (SGOP,1986).

En este trabajo se continúa con el estudio de las superficies regadas, volúmenes de agua extraídos, evolución de niveles piezométricos y se hace una actualización del balance hídrico en las Tablas. Las conclusiones que se obtenían del informe, indicaban que la evolución de las extracciones en el periodo 1981-84 habían sido más rápida que lo previsto en el informe SGOP, 12/82.

También se valoraba positivamente la conveniencia de declarar el acuífero de la Llanura Manchega como sobreexplotado, de acuerdo con la nueva ley de aguas de 1985.

"Estudio de viabilidad de un plan de regeneración hídrica en el Parque Nacional Tablas de Daimiel (Ciudad Real)" EPTISA,(1986).

Este estudio se realiza por decisión del Consejo de Ministros (1984), encargando su elaboración al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, conjuntamente con el de Agricultura y Alimentación. Una vez más, se pretendía conocer las necesidades de agua del Parque para que pudiera subsistir. Tras las múltiples alternativas de regeneración hídrica, se consideró que lo más rápido y efectivo a corto plazo, era la construcción de una batería de pozos para bombear agua desde el propio acuífero a las Tablas. Como medida a largo plazo, la construcción de una presa en el río Bullaque, desde donde se trasvasaría agua al Parque Nacional.

En este informe se hacían unos balances hídricos de Las Tablas de Daimiel para una situación en régimen natural y alterado. El balance hídrico del PNTD en régimen alterado, se hacía considerando distintas hipótesis según diferentes aportaciones a Las Tablas. En el apartado 3.5.4 de esta Tesis se hace un análisis crítico de los balances que se daban en este trabajo.

"Primer Informe 6/88 sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Taio-Segura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Primer informe 6/88 (SGDGOH, 1988a).

Se recogen los datos de la fase de derivación con destino al PNTD que tuvo lugar entre el 29 de febrero y el 4 de mayo de 1988. Este informe incluye datos de aforos del río Cigüela, análisis químicos del agua y evolución de niveles piezométricos en pozos. Es lástima que ni en este trasvase ni en los posteriores excepto el de 1994, se tomaran muestras para análisis isotópicos. Tampoco en el Plan de Regeneración el SGOP se hizo eco de las recomendaciones de Hollis (1988) y de Llamas (1989b) de que esta experiencia fuese seguida por investigadores de la Universidad, incluso a nivel internacional. Como previamente se ha dicho, la opacidad informativa y el secretismo han sido una actitud casi

permanente por parte del SGOP y del ICONA.

"Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en el acuífero de la Llanura Manchega" Estudio 6/88 (SGDGOH, 1988c).

Hace un estudio de la evolución del acuífero en el periodo 1984-87, de igual modo que en el informe 06/86 se hacía para el periodo 1981-84. Actualiza los datos referentes a la superficie regada y volúmenes de agua subterránea extraídos por bombeos.

"Estudio experimental de cuantificación de superficies en regadío con aguas subterráneas mediante un proceso digital de imágenes de satélite". Informe 08/88 (SGDGOH, 1988d).

La experiencia se realizó sobre las fotos satélite de 1987, a partir de los datos de las encuestas que se disponían del informe 06/88 del SGOP. El volumen de agua extraído se calculó a partir de las superficies de regadío que se observaban.

"Segundo Informe 11/88 sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Segundo informe 11/88 (SGDGOH, 1988e).

Este informe se centra fundamentalmente entre los meses de marzo a septiembre de 1988. La finalidad principal de esta etapa era el establecimiento de un balance hídrico de la laguna durante el periodo citado, con objeto de conocer el valor de la infiltración del agua.

"Tercer informe sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Informe 09/89 SGDGOH, 1989a).

Se resumen los datos correspondiente al periodo octubre 1988- junio 1989 y se presenta un balance hídrico de Las Tablas en dicho periodo. Como conclusión de los balances realizados, en este informe se indica que la infiltración anual en la laguna puede cifrarse en unos 30 hm³/año, volumen que será necesario aportar por medio del ATS al PNTD, en los años en que no se produzcan aportaciones naturales por el río Cigüela.

"Estudio para la ordenación de las extracciones del acuífero de la Mancha Occidental" . SGDGOH, (1989b).

Propone alternativas para la adecuación de extracciones teniendo como horizonte el año 2010.

"Control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel". Informe 09/90 (SGDGOH, 1990b).

Actualiza el balance hídrico de las Tablas evaluando las aportaciones del Trasvase Tajo-Segura durante los últimos años (1988-90). Las conclusiones que se obtienen en cuanto a los valores de infiltración de Las Tablas son parecidas a las que se daban en el Informe 09/89.

"Análisis de las aportaciones superficiales al Parque Nacional Tablas de Daimiel y su influencia en la evolución hidrogeológica del ecosistema". Tesis de Licenciatura (Esnaola, 1991).

Estudia las modificaciones que han tenido los cauces vertientes al PNTD durante la última década y su influencia en la hidrogeología del sistema. Para su conocimiento se basa en el análisis e interrelación de las siguientes variables: a/ pluviometría, b/ aportaciones de los cauces vertientes a las Tablas, c/ aportaciones subterráneas directas y d/ la evolución piezométrica del Parque.

"Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en los acuíferos de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel. Primera parte: Llanura Manchega".
Estudio 05/91 (SGDGOH, 1991).

Se hace un resumen mostrando la evolución del acuífero desde 1974 hasta 1991. Actualiza la variación que han tenido las superficies regadas y los volúmenes de agua bombeados, observándose una cierta disminución en ambos desde el año 1990. Continúa en el seguimiento de los niveles piezométricos y el control de la calidad química del agua.

"Hidrogeología de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana en relación con la génesis y combustión espontánea de las turberas de la zona".
Tesis de Licenciatura (García Rodríguez, 1992).

En este trabajo se hace un estudio hidrogeológico detallado de la zona que comprende desde los "Ojos del Guadiana " hasta el PNTD. El objetivo de esta Tesis era conocer la relación entre la posición del nivel límite superior de la zona saturada y las turbas existentes en ese tramo. La influencia en su génesis en la posterior desecación y autocombustión, así como la situación que se preveía para el futuro. En este trabajo se resumían gran parte de los estudios anteriores y se actualizaba con nuevos datos de campo la evolución piezométrica de la zona.

"Control de la derivación de agua con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel en desarrollo del Real Decreto Ley 6/1990 de 28 de diciembre".
Informe 03/93 (SGDGOH, 1993).

Continúa en la línea de los anteriores informes, y trata fundamentalmente del control de la derivación de caudales y evolución de los niveles hídricos en las Tablas de Daimiel, exponiendo información recopilada desde julio de 1990 a mayo de 1992. En este trabajo se indica que desde 1992 se suprimió el control de la red piezométrica a lo largo del Cigüela, atribuyendo que: 1/ ya se conocía

correctamente cómo era el funcionamiento hidrológico del sistema, y 2/ que las anteriores campañas de control piezométrico a lo largo del río Cigüela no habían dado resultados satisfactorios debido a las características constructivas de los pozos.

El haber suprimido las medidas en la red piezométrica del Cigüela, es una lástima, pues sin duda hace que sea más difícil interpretar los resultados de los caudales derivados desde el ATS al PNTD.

"Análisis hidrogeológico de la sobreexplotación y protección de humedales en la ley de aguas de 1985". Tesis Doctoral, González Monterrubio, J.M. (1993).

En esta Tesis Doctoral se hace un estudio exhaustivo de la normativa existente utilizable en la protección de humedales, a través del caso concreto de las Tablas de Daimiel. Tras recopilar y analizar todos los trabajos precedentes sobre el funcionamiento hidráulico de la Llanura Manchega, analiza con especial hincapié el tema de la sobreexplotación de acuíferos.

"Estudio de la hidrogeología isotópica de la Cuenca del Alto Guadiana. Comportamiento del agua trasvasada a las tablas de daimiel a través del acueducto Tajo-Segura". Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX)(1994). Informe parcial nº 2. DGOH y CHG. 32 pp.

Este informe se forma parte de un convenio entre la DGOH y el CEDEX, para llevar a cabo un estudio hidrogeológico de los acuíferos situados en la cuenca del Alto Guadiana, utilizando técnicas isotópicas, hidroquímicas y de trazadores artificiales. Entre otros objetivos de este convenio, se trataba de investigar las pérdidas de caudales que pueden tener lugar durante las operaciones de trasvase de agua procedente del Tajo-Segura hacia las Tablas de Daimiel. Se estudiaba únicamente el trasvase de 1994 y nada de los anteriores.

A parte de los estudios mencionados, otros trabajos realizados por el ITGE

y que han tenido especial interés han sido los siguientes:

1.- "Mapa Hidrogeológico de España" IGME(1982), E. 1/50.000 hoja nº 760 (Daimiel). Se estudia en detalle la hidrogeología de la zona de las tablas de Daimiel. Aunque el funcionamiento hidrogeológico que representa ha tenido sustanciales cambios hasta la actualidad, ha servido como mapa orientativo para empezar a trabajar.

2.- "Mapa Hidrogeológico de España" IGME (1985b), E. 1/200.000, nº 61 (Ciudad Real). Constituye un trabajo de síntesis hidrogeológica y de explotación de acuíferos, cuyo objetivo es ofrecer una información general que permita la realización de estudios más detallados. Dicho trabajo comprende memoria (28 pp), mapa hidrogeológico E. 1/200.000, mapas de calidad de aguas subterráneas y utilización de las aguas E. 1/400.000, así como una serie de esquemas a E. 1/800.000 mostrando los focos de contaminación, situación de depuradoras, transmisividades y evolución piezométrica.

Existen además, numerosos artículos y publicaciones en congresos que se centran en la relación que hay entre la explotación intensiva del acuífero de la Llanura Manchega y el impacto ecológico causado en las Tablas de Daimiel, que pueden verse en la bibliografía de esta Tesis y que se irán mencionando a lo largo de todo el trabajo.

1.3.2.- Trabajo de campo

El trabajo de campo que se ha venido realizando de forma continuada durante cerca de cuatro años, nos ha permitido tener un conocimiento amplio del medio físico y de la problemática socio-cultural de la región. En esta fase se han abordado aspectos tanto geológicos como hidrogeológicos.

La toma de datos, concretamente de niveles de agua, ha tenido lugar en un periodo comprendido desde Julio de 1991 a diciembre de 1994. En los piezómetros próximos a las Tablas las medidas se han continuado hasta junio de 1995.

1.3.2.1- **Estudio geológico y geomorfológico.**

La geología de la zona de estudio, como puede verse en la numerosa bibliografía existente (ver cap. 1.3.1), puede considerarse bien conocida a los efectos de nuestro trabajo. Esto nos ha permitido poder hacer el estudio hidrogeológico con una fuerte base geológica de partida. No obstante, dado el detalle del estudio ha sido necesario afinar bastante en la geología en perfiles verticales y contrastar la documentación existente con numerosas salidas al campo.

Como mapa base de trabajo se ha hecho un mapa de síntesis geológica e hidrogeológica a escala 1:100.000 (Ver fig: 3.2.a) a partir del mapa hidrogeológico de CGS-INTECSA y de las cartografías geológicas existentes del IGME (1982 b, 1988).

Para conocer la geología en profundidad se ha contado con numerosas columnas litológicas de sondeos (ver anejo II). La correlación de muchas de estas columnas puede verse en los perfiles de las figuras 3.5.h a 3.5.p.

Así como la geología en superficie era bastante bien conocida, en esta Tesis se ha correlacionado de forma detallada los datos de columnas litológicas ya existentes, aportando una información valiosa acerca de los numerosos cambios laterales de facies que hay en la zona de la Tablas de Daimiel.

La geomorfología de la Llanura Manchega, en términos generales es ampliamente tratada en la Tesis de Pérez González (1983). Este autor no llega a estudiar la zona de las Tablas de Daimiel y los Ojos del Guadiana, que en cambio se trata con cierto detalle en IGME (1988).

El trabajo de campo realizado durante la Tesis nos ha permitido conocer la relación agua superficial, agua subterránea y formaciones superficiales, entendiendo por éstas, dolinas, uvalas y otras formas kársticas que han originado el valle de los "Ojos del Guadiana". La geomorfología de esta zona es tratada en capítulo 3.3.

Otro aspecto sobre el que prácticamente no existían trabajos anteriores era referente a la geomorfología antrópica. Nos referimos a los cambios que se han producido en el valle de los "Ojos del Guadiana" como consecuencia del descenso del nivel del agua y combustión de las turbas de dicho valle.

Se ha realizado una cartografía a escala 1/5.000, posteriormente reducida, totalmente original de las turberas de Zuacorta (fig: 3.4.c), valorando el estado de combustión de las turbas y teniendo en cuenta el tipo de explotación minera del recurso mineral extraído. Es conveniente indicar la dificultad que ha supuesto hacer esta cartografía por sus particularidades, por ejemplo el riesgo físico que entraña el recorrer la zona sin tomar determinadas precauciones. Algunas personas, entre ellas un geólogo, han sufrido quemaduras importantes por meterse dentro de una zona bajo la cual las turbas están en combustión. Para la elaboración de esta cartografía he de agradecer la ayuda recibida de Fernando Escribano y personal de Turbas del Guadiana S.A, que han participado y seguido de forma directa el trabajo de campo, sin cuya ayuda no habría sido posible su

realización.

La descripción de las turberas se ha basado exclusivamente en observaciones directas en superficie y en algunas calicatas hechas con buldozer (ver figura 3.4.d), capaces de profundizar del orden de unos tres metros como máximo. Algunos perfiles utilizados para el estudio corresponden a escarpes de "colapsos", que en algunos casos llegaban hasta unos cuatro metros.

Además se ha cartografiado la evolución que han tenido los incendios de las turbas del antiguo valle del Guadiana, para los años 1977, 1987 y 1991 (fig: 3.4.c), que se tratará en el capítulo 3.4.

1.3.2.2- Estudio hidrogeológico.

Ha consistido en las siguientes fases:

- i.- Inventario de puntos de agua.
- ii.- Establecimiento de una red de control piezométrico.
- iii.- Análisis químico de muestras de agua

i.- Inventario de puntos de agua

1.- Introducción.

El inventario ha consistido en la selección de una serie de captaciones (174 puntos de agua en total), que nos ha permitido obtener entre las características más importantes, información sobre la profundidad a la que se encuentra el nivel freático, columna litológica de los materiales atravesados, calidad química del agua subterránea, ensayos de bombeo y parámetros hidráulicos del acuífero.

Otros datos complementarios que se han obtenido han sido: uso del agua

y volumen extraído, información de interés general antigua, tipo de motor, constructor, etc...

En la zona estudiada, debido al aumento que ha experimentado la superficie de regadío en los últimos 20 años, existe una densidad de pozos y/o sondeos tal, que es superior a tres por km². Por el interés hidrogeológico y ecológico que tienen las Tablas de Daimiel, la información disponible sobre la zona es muy amplia. En esta Tesis se han repasado inventarios de puntos de agua ya existentes procedentes del ITGE, del SGOP y de TRAGSA. A partir de esta información existente y con los trabajos de campo personal, se ha hecho una correlación de los distintos inventarios, elaborando una base de datos propia.

2.- Organización del inventario.

El resumen del inventario de puntos de agua y la información que se ha tratado, se ha dividido en dos partes (tablas 1.3.1 y 1.3.2).

En el resumen del inventario 1ª parte (tabla 1.3.1) se incluye información de carácter general: número de captación, coordenadas, naturaleza de captación, fecha de construcción, cota de la boca del pozo, profundidad de la captación, procedencia de los datos, nº del pozo del archivo original, localización de campo y si tiene ficha abierta por nosotros o no. En el anejo I se han incluido las fichas instruidas por nosotros que tienen mayor interés.

En el resumen del inventario 2ª parte (tabla 1.3.2) se refleja la evolución del nivel en los pozos que hemos medido nosotros y se indica si se dispone de análisis químico, ensayo de bombeo y columna litológica.

De los distintos archivos consultados, se ha obtenido la siguiente información:

Base de datos "Aguas" y fichas del inventario del ITGE.

Se han consultado las fichas de campo de los inventarios que tenía el ITGE en sus archivos. Tras una minuciosa selección, se eligieron 84 puntos de agua que se han considerado de interés. Esta documentación ha servido principalmente para conocer la geología en profundidad, pues tenían gran número de columnas litológicas descritas. Estos pozos se han integrado en nuestro inventario y se les ha asignado un nuevo número de orden. (ver tabla 1.3.1). En el anejo II se han representado con el programa STRATCOL las columnas correspondientes a dichas fichas, así como las procedentes de otras fichas.

También de la base de datos "Aguas" se ha obtenido información acerca de la evolución piezométrica desde 1974, análisis químicos y parámetros hidráulicos.

Sondeos de TRAGSA.

Se trata de las fichas de los sondeos que se hicieron entre los años 1985-1990, para bombear agua subterránea con destino a las Tablas de Daimiel, dentro del Plan de Regeneración Hídrica del PNTD. Agradecemos a D. Francisco Suz, técnico de TRAGSA, el habernos permitido el acceso a esta información.

Se dispone de un total de 20 sondeos, de los cuales muchos de ellos se consideraron nulos al no aportar un caudal de agua suficiente para el propósito que se tenía. De varios de éstos sondeos se dispone de ensayos de bombeo realizados por AFORHIDRO. Estos sondeos están ubicados en las márgenes de las Tablas, por lo que nos permiten conocer con cierto detalle la geología y los cambios de facies existentes bajo dicho humedal.

Es muy probable que algunos de los datos referentes a la profundidad de los pozos y a ensayos de bombeo, hayan sufrido alguna variación desde su ejecución hasta la actualidad. De hecho, dada la crítica situación desde el punto

de vista hídrico en la que se encuentra el PNTD, es muy frecuente ver las máquinas de perforación de TRAGSA limpiando y reprofundizando alguno de éstos sondeos. No hemos podido obtener datos concretos de esas posibles modificaciones.

Para tratar toda esta información se ha integrado en la base de datos que hemos elaborado, asignándole una numeración personal (ver tabla 1.3.1).

Red piezométrica del SGOP.

Este organismo al encargarse del seguimiento y control del Plan de Regeneración Hídrica de las Tablas de Daimiel, dispone de una amplia red de pozos de observación. Dicha red esta constituida, en su mayoría, por pozos de particulares que no siempre son los mismos para distintos años, y por una serie de piezómetros cerrados con llave instalados principalmente alrededor de las Tablas de Daimiel.

La información que se ha conseguido sobre los piezómetros mencionados se ha podido obtener seleccionando de los informes del SGOP. Esta documentación es bastante limitada en cuanto a las características técnicas del equipamiento de la perforación, tales como profundidad, situación de la rejilla y acondicionamiento de entubado. A partir del trabajo de campo, se han localizado un total de 18 de estos piezómetros, la mayoría situados en los alrededores de las Tablas. Parte de sus características han sido facilitadas por el geólogo José M^a Esnaola, con quien he contrastado datos en varias ocasiones y a quien agradezco especialmente la información que me ha proporcionado.

Estos piezómetros se han integrado en el inventario personal, dejando claro en la ficha de campo que se trataba de piezómetros acondicionados por el SGOP y asignándoles también su numeración original cuando se conocía. En la tabla 1.3.1 puede verse la equivalencia de numeraciones del SGOP y la que le hemos

asignado nosotros.

Red piezométrica propia.

En el inventario de puntos de agua (tabla 1.3.1) hay 52 pozos inventariados distintos de los mencionados anteriormente. A cada uno de ellos se les ha abierto una ficha de campo y se ha completado con la mayor información posible (ver anejo I).

Cuando no se ha podido utilizar un mismo pozo para hacer medidas en distintas fechas, se ha buscado para ello otro pozo situado en las proximidades y se le ha asignado un nuevo número y una nueva ficha de inventario.

A modo de resumen, de las 174 captaciones inventariadas, 123 corresponden a sondeos, 10 pozos con sondeo, 18 piezómetros, 1 manantial y 22 pozos excavados.

ii.- Redes de control piezométrico.

La abundancia de captaciones de agua que hemos visto que existe en la zona, ha facilitado bastante la medición de niveles, y ha permitido una distribución espacial bastante homogénea, con una alta densidad de datos (más de 3 pozos /km²).

De acuerdo con los objetivos de la Tesis, se ha hecho mensualmente un seguimiento del nivel del agua en los pozos más próximos a las Tablas, para lo cual se han utilizado los piezómetros que el SGOP tiene instalados (fig. 3.5.q. y anejo III) El periodo de medidas no ha sido exactamente el mismo para todos ellos por distintas circunstancias. Las medidas más modernas en algunos de los piezómetros son de junio de 1995.

Para conocer el comportamiento en una zona del acuífero no tan inmediata

a las proximidades del PNTD, se ha hecho un seguimiento de los niveles en todo el área de estudio (900 km²) dos veces al año, en otoño (aguas bajas) y en primavera (aguas altas).

Las medidas se han realizado con una sonda bipolar con una precisión de 1 cm. La cota de la boca del sondeo se ha obtenido a partir del mapa topográfico 1:50.000 correspondiente. En algún caso se ha nivelado con altímetro - barómetro 1 m de precisión teórica y con "teodolito" para el caso particular de los piezómetros de Puente Navarro (nº 19302002 y 19302003). En este último caso la cota absoluta del terreno se ha sacado a partir de la "escala" que tiene la presa de Puente Navarro.

Las profundidades de algunas captaciones y en particular las de los piezómetros del SGOP que no se conocían, se ha medido con una sonda de la marca SEBA. Esta sonda sólo permite medir la profundidad de las captaciones que no tienen tubería de impulsión, o bien, que tengan una distancia entre ésta y el entubado del pozo que permita que la pesa de la sonda baje sin que se enganche.

Se ha puesto especial atención en medir pozos que no estuvieran en funcionamiento, por lo tanto los niveles obtenidos se aproximan al "nivel estático", cuando las medidas se realizaron en épocas que ya se empezaba a bombear.

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|----------|--------|-----------|--------|-------------|---------------|-------|
| 19295001 | 432,650 | 4.337,000 | P | ? | 638 | 19 | Propio | | Permiso | SI |
| 19295002 | 431,700 | 4.343,900 | S | 1977 | 688 | 50.5 | ITGE | 19295027 | No buscado | NO |
| 19296001 | 434,450 | 4.339,900 | P | 1940 | 658 | apx. 5 | Propio | | Libre | SI |
| 19296002 | 440,150 | 4.337,800 | PIEZ. | ? | 618 | 47 | SGOP | T.1, 24 | Con llave | SI |
| 19296003 | 440,700 | 4.337,750 | P | apx.1978 | 613 | 6.5 | Propio | | Libre | SI |
| 19296004 | 438,000 | 4.338,750 | P | ? | 630 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19296005 | 436,450 | 4.336,300 | P | ? | 634 | 4.75 | Propio | | Libre | SI |
| 19296006 | 436,450 | 4.337,300 | P+S | ? | 641 | 48 | ITGE | 19296016 | No encontrado | NO |
| 19297001 | 446,750 | 4.338,600 | PIEZ. | ? | 614 | 51 | SGOP | | Con llave | SI |
| 19297002 | 446,650 | 4.338,250 | P | ? | 613 | 10 | Propia | | Permiso | SI |
| 19297003 | 444,200 | 4.337,700 | S | ? | 617 | 30 | Propio | | Permiso | SI |
| 19297004 | 444,800 | 4.333,900 | S | ? | 614 | ? | Propio | | Permiso | SI |
| 19297005 | 451,600 | 4.340,000 | M | | 630 | | Propio | | Libre | SI |
| 19297006 | 446,950 | 4.335,800 | S | 1975 | 621 | 83.5 | ITGE | 19297025 | Cegado | SI |
| 19297007 | 442,500 | 4.336,300 | S | 1978 | 617 | 110 | TRAGSA | El Rosalejo | No visitado | NO |
| 19297008 | 446,800 | 4.338,600 | S | ? | 611 | 103 | ITGE | 19297002 | No visitado | NO |
| 19297009 | 446,15 | 4.339,850 | P | ? | 618 | 15.15 | ITGE | 19297022 | No visitado | NO |
| 19298001 | 451,100 | 4.341,250 | P | ? | 619 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19298002 | 451,950 | 4.339,400 | P | ? | 618 | apx. 5 | Propio | | Libre | SI |
| 19298003 | 448,700 | 4.336,000 | P+S | 1974 | 623 | 85 | ITGE | 19298030 | Permiso | SI |
| 19298004 | 451,000 | 4.336,700 | P+S | 1974 | 630 | 30 | ITGE | 19298015 | No visitado | SI |
| 19298005 | 451,650 | 4.340,000 | S | 1974 | 612.57 | 66 | ITGE | 19298005 | Tapado | SI |
| 19298006 | 449,600 | 4.337,300 | S | 1975 | 620 | 97.6 | ITGE | 19298033 | Permiso | SI |
| 19298007 | 449,500 | 4.338,900 | PIEZ. | ? | 618 | 56 | SGOP | N.3 | Con llave | SI |
| 19298008 | 449,000 | 4.339,100 | PIEZ. | ? | 618 | 57 | SGOP | N.4 | Con llave | SI |
| 19298009 | 448,400 | 4.342,000 | S | 1993 | 625 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19298010 | 449,200 | 4.337,100 | P+S | ? | 620 | 49 | ITGE | 19298029 | No buscado | NO |
| 19298011 | 448,000 | 4.336,000 | S | ? | 621 | 74 | ITGE | 19298031 | No buscado | NO |
| 19298012 | 451,500 | 4.336,300 | P+S | ? | 631 | 25 | ITGE | 19298032 | No buscado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|-------|------|-----------|--------|-----------|---------------|-------|
| 20295001 | 457,750 | 4.338,300 | S | ? | 628 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 20295002 | 457,000 | 4.344,000 | S | ? | 630 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19301001 | 432,850 | 4.329,450 | P+S | ? | 619 | apx. 50 | Propio | | Permiso | SI |
| 19301002 | 432,800 | 4.333,550 | S | ? | 621 | 66 | Propio | | Permiso | SI |
| 19301003 | 430,850 | 4.328,350 | S | ? | 618 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19301004 | 428,100 | 4.334,700 | S | 1963 | 640 | 90.2 | ITGE | 19301006 | No encontrado | NO |
| 19301005 | 432,050 | 4.327,250 | S | ? | 620 | 60 | ITGE | 19301016 | No buscado | NO |
| 19301006 | 432,550 | 4.328,750 | S | ? | 606 | 43 | ITGE | 19301021 | No buscado | NO |
| 19301007 | 432,750 | 4.328,750 | S | ? | 606 | 40 | ITGE | 19301022 | No buscado | NO |
| 19301008 | 430,700 | 4.327,900 | S | 1981 | 604 | 108 | ITGE | 19301020 | No buscado | NO |
| 19301009 | 432,900 | 4.329,300 | P+S | ? | 618 | 38 | ITGE | 19301002 | No buscado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|----------|-------|-----------|---------|--------------------|---------------|-------|
| 19302001 | 440,500 | 4.333,100 | PIEZ. | ? | 609 | 50 | SGOP | N.1 | Con llave | SI |
| 19302002 | 434,900 | 4.329,900 | PIEZ. | ? | 607 | 86 | SGOP | | Con llave | SI |
| 19302003 | 434,700 | 4.329,750 | PIEZ. | ? | 607 | 19 | SGOP | | Con llave | SI |
| 19302004 | 436,650 | 4.331,950 | PIEZ. | ? | 607 | 22 | SGOP | P.3 | Con llave | SI |
| 19302005 | 438,650 | 4.333,200 | PIEZ. | ? | 609 | 16 | SGOP | P.1 | Con llave | |
| 19302006 | 438,900 | 4.334,200 | PIEZ. | ? | 609 | 15,6 | SGOP | P.2 | Con llave | SI |
| 19302007 | 439,500 | 4.335,150 | PIEZ. | ? | 609 | 53 | SG+ITGE | 19303020 | Con llave | SI |
| 19302008 | 436,300 | 4.330,300 | PIEZ. | ? | 608 | 45 | SGOP | T.6 | Con llave | SI |
| 19302009 | 438,600 | 4.331,150 | S | 1987 | 609 | 65 | TRAGSA | 4 bis | Libre | NO |
| 19302010 | 435,100 | 4.334,200 | S | ? | 634 | apx. 15 | Propio | | Libre | SI |
| 19302011 | 435,700 | 4.330,300 | S | 1988 | 608 | 46 | TRAGSA | La Quebrada | Libre | SI |
| 19302012 | 440,250 | 4.331,500 | S | 1987 | 609 | 45 | TRAGSA | 5 bis | Permiso | SI |
| 19302013 | 439,700 | 4.332,100 | S | 1987 | 613 | 69 | TRAGSA | La Mina, 1bis | Permiso | SI |
| 19302014 | 439,750 | 4.332,800 | S | 1987 | 610 | 68 | TRAGSA | El Murciano, 3 bis | Permiso | SI |
| 19302015 | 439,900 | 4.331,750 | S | 1988 | 609 | 80 | TRAGSA | Lag. Permanente | Permiso | SI |
| 19302016 | 435,400 | 4.329,750 | P | apx.1970 | 615 | 5.7 | Propio | | Permiso | SI |
| 19302017 | 435,300 | 4.331,800 | S | 1978 | 625 | 98 | ITGE | 19302025 | No encontrado | NO |
| 19302018 | 435,000 | 4.332,700 | S | 1978 | 630 | 75 | ITGE | 19302018 | No encontrado | NO |
| 19302019 | 435,300 | 4.332,900 | S | 1978 | 620 | 70 | ITGE | 19302026 | No encontrado | NO |
| 19302020 | 432,350 | 4.330,950 | S | ? | 610 | 98 | ITGE | 19302028 | No buscado | NO |
| 19302021 | 440,500 | 4.331,300 | S | 1981 | 615 | 23 | ITGE | 19302047 | No encontrado | NO |
| 19302022 | 438,900 | 4.331,300 | PIEZ. | ? | 608 | 37 | SGOP | T.5 | Con llave | NO |
| 19302023 | 440,000 | 4.332,750 | PIEZ. | 1974 | 608 | 82 | SG+ITGE | 19302019 | Con llave | SI |
| 19302024 | 440,050 | 4.332,800 | S | 1976 | 608.7 | 34.6 | ITGE | 19302024 | Permiso | SI |
| 19302025 | 439,625 | 4.332,400 | S | 1987 | 610 | 66 | TRAGSA | El Chaparro, 8 | Permiso | SI |
| 19302026 | 439,750 | 4.332,100 | PIEZ. | ? | 608 | ? | SGOP | A.2, N.2 | Con llave | NO |
| 19302027 | 440,000 | 4.332,600 | S | 1987 | 610 | 72 | TRAGSA | 9 bis | Permiso | NO |
| 19302028 | 437,250 | 4.332,350 | S | 1987 | 610 | 80 | TRAGSA | 11 bis | Cegado | NO |
| 19302029 | 438,200 | 4.333,150 | S | 1987 | 610 | 80 | TRAGSA | 12 | Cegado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|----------|-------|-----------|--------|----------------|---------------|-------|
| 19302030 | 437,850 | 4.332,750 | S | 1987 | 610 | 100 | TRAGSA | 12 bis | Cegado | NO |
| 19302031 | 435,750 | 4.331,850 | S | 1988 | 610 | 43 | TRAGSA | Zacatena | Cegado | NO |
| 19302032 | 439,300 | 4.334,650 | S | 1987 | 610 | 100 | TRAGSA | 7 | Libre | NO |
| 19302033 | 439,500 | 4.331,700 | S | 1988 | 609 | 75 | TRAGSA | Molemocho | Permiso | NO |
| 19302034 | 440,550 | 4.333,150 | S | 1988 | 609 | 64 | TRAGSA | 2 | Libre | NO |
| 19302035 | 436,200 | 4.327,550 | S | ? | 620 | ? | SGOP | P.14 | Con llave | SI |
| 19302036 | 439,550 | 4.335,250 | S | 1974 | 609 | 134.15 | ITGE | 19302023 | Libre | SI |
| 19302037 | 440,350 | 4.332,800 | S | ? | 609 | ? | TRAGSA | La Viña | Permiso | NO |
| 19302038 | 440,000 | 4.332,500 | S | ? | 608 | 34.6 | ITGE | 19302024 | No buscado | NO |
| 19303001 | 441,450 | 4.335,750 | S | 1988 | 618 | 110 | TRAGSA | Isla Algeciras | Permiso | SI |
| 19303002 | 445,300 | 4.332,400 | S | ? | 630 | >50 | Propio | | Libre | SI |
| 19303003 | 445,350 | 4.333,900 | S | ? | 630 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19303004 | 445,100 | 4.328,600 | S | 1975 | 618 | apx.40 | Propio | | Libre | SI |
| 19303005 | 443,750 | 4.334,150 | S | 1970 | 615 | ? | Propio | | Permiso | SI |
| 19303006 | 442,650 | 4.332,900 | P+S | ? | 622 | 60 | Propio | | Permiso | SI |
| 19303007 | 442,800 | 4.329,300 | S | 1983 | 626 | 100 | Propio | | Permiso | SI |
| 19303008 | 440,900 | 4.331,25 | S | ? | 613 | ? | Propio | | Permiso | SI |
| 19303009 | 442,450 | 4.335,600 | S | ? | 610 | ? | Propio | | Permiso | SI |
| 19303010 | 443,300 | 4.327,300 | S | apx.1982 | 619 | 73 | Propio | | Libre | SI |
| 19303011 | 447,200 | 4.331,150 | S | ? | 618 | >50 | Propio | | Libre | SI |
| 19303012 | 443,850 | 4.334,100 | PIEZ. | ? | 618 | ? | SGOP | T.3, 53 | Con llave | SI |
| 19303013 | 443,800 | 4.333,100 | S | ? | 623 | ? | Propio | | Cerrado | SI |
| 19303014 | 446,450 | 4.333,350 | S | ? | 630.2 | 68 | ITGE | 19303029 | Libre | SI |
| 19303015 | 446,700 | 4.329,650 | S | 1970 | 621 | ? | ITGE | 19303062 | Libre | SI |
| 19303016 | 442,850 | 4.326,750 | S | ? | 618 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19303017 | 433,050 | 4.331,800 | S | 1975 | 620 | 89.5 | ITGE | 19303037 | No encontrado | NO |
| 19303018 | 440,875 | 4.334,100 | S | 1987 | 610 | 110 | TRAGSA | Observatorio | Libre | NO |
| 19303019 | 440,600 | 4.333,250 | S | 1987 | 610 | 69 | TRAGSA | 3 | Cegado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|----------|--------|-----------|--------|-----------------|------------|-------|
| 19303020 | 444,150 | 4.328,100 | PIEZ. | ? | 615 | ? | SGOP | N.8 | Con llave | SI |
| 19303021 | 444,600 | 4.331,100 | P | ? | 610 | 4 | ITGE | 19303009 | No buscado | NO |
| 19303022 | 446,700 | 4330,150 | S | ? | 620 | 47.15 | ITGE | 19303013 | No buscado | NO |
| 19303023 | 446,400 | 4.333,100 | S | ? | 629 | 68 | ITGE | 19303033 | No buscado | NO |
| 19303024 | 447,300 | 4.329,400 | S | ? | 618 | 37.85 | ITGE | 19303014 | No buscado | NO |
| 19303025 | 440,800 | 4.330,750 | S | ? | 613 | 69 | ITGE | 19303036 | No buscado | NO |
| 19304001 | 450,800 | 4.331,950 | S | apx.1974 | 617 | 50 | Propio | Molino Zuacorta | Permiso | SI |
| 19304002 | 450,350 | 4.332,550 | S | ? | 617 | ? | Propio | | Permiso | SI |
| 19304003 | 451,050 | 4.333,000 | S | apx.1965 | 625 | apx.70 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304004 | 450,000 | 4.331,550 | S | apx.1976 | 616 | 36 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304005 | 453,500 | 4.331,000 | S | 1970 | 615 | 90 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304006 | 451,500 | 4.330,150 | S | apx.1976 | 617 | 75 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304007 | 451,550 | 4.327,950 | S | 1975 | 627 | apx.50 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304008 | 448,150 | 4.327,950 | P+S | 1982 | 615 | apx.50 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304009 | 451,400 | 4.335,450 | S | 1980 | 623 | 66 | Propio | | Permiso | SI |
| 19304010 | 449,900 | 4.334,650 | S | apx.1978 | 626 | 80 | Propio | | Libre | SI |
| 19304011 | 425,100 | 4.333,100 | S | 1973 | 633.13 | 50 | ITGE | 19304011 | No buscado | NO |
| 19304012 | 454,900 | 4.330,600 | S | 1976 | 624 | 54 | ITGE | 19304029 | No buscado | NO |
| 19304013 | 422,450 | 4.334,000 | S | 1973 | 624 | 50 | ITGE | 19304013 | No buscado | NO |
| 19304014 | 454,050 | 4.334,600 | S | ? | 636 | 45 | ITGE | 19304003 | No buscado | NO |
| 19304015 | 448,300 | 4.327,500 | S | ? | 622 | 10.4 | ITGE | 19304007 | No buscado | NO |
| 19304016 | 448,200 | 4.326,800 | S | ? | 628 | 30 | ITGE | 19304016 | No buscado | NO |
| 19304017 | 448,700 | 4.328,700 | S | ? | 626 | 12 | ITGE | 19304019 | No buscado | NO |
| 19304018 | 449,200 | 4.327,800 | S | ? | 623 | 46 | ITGE | 19304020 | No buscado | NO |
| 19304019 | 450,900 | 4.328,750 | S | ? | 625 | 50.25 | ITGE | 19304023 | No buscado | NO |
| 19304020 | 453,150 | 4.334,050 | S | ? | 631 | 36 | ITGE | 19304035 | No buscado | NO |
| 19304021 | 452,900 | 4.334,450 | S | ? | 624 | 50 | ITGE | 19304036 | No buscado | NO |
| 19304022 | 448,800 | 4.332,850 | S | ? | 620 | 33 | ITGE | 19304037 | No buscado | NO |
| 19304023 | 448,750 | 4.334,500 | S | | 628 | 37 | ITGE | 19304038 | No buscado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (1ª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|----------|------|-----------|--------|-----------|------------|-------|
| 19304024 | 450,900 | 4.332,950 | S | ? | 622 | 31.5 | ITGE | 19304039 | No buscado | NO |
| 19304025 | 454,800 | 4.332,650 | S | ? | 630 | 34 | ITGE | 19304040 | No buscado | NO |
| 19305001 | 430,300 | 4.319,600 | S | ? | 617 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19305002 | 433,050 | 4.323,100 | S | ? | 620 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19305003 | 431,450 | 4.324,050 | S | apx.1974 | 615 | 42 | ITGE | 19305024 | Libre | SI |
| 19305004 | 431,950 | 4.317,400 | P+S | S. 1976 | 619 | 28 | ITGE | 19305025 | No buscado | NO |
| 19305005 | 431,300 | 4.325,500 | S | 1979 | 611 | 48 | ITGE | 19305005 | No buscado | NO |
| 19305006 | 429,500 | 4.323,500 | P+S | S. 1976 | 615 | 29 | ITGE | 19305047 | No buscado | NO |
| 19305007 | 427,100 | 4.323,400 | S | ? | 606 | 37 | ITGE | 19305022 | No buscado | NO |
| 19306001 | 437,450 | 4.326,500 | P+S | ? | 619 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19306002 | 434,000 | 4.319,950 | P+S | ? | 619 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19306003 | 439,300 | 4.325,200 | S | ? | 615 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19306004 | 436,100 | 4.318,000 | P+S | S. 1955 | 616 | 37.9 | ITGE | 19306034 | No buscado | NO |
| 19306005 | 437,300 | 4.319,350 | S | 1973 | 640 | 125 | Propio | | Libre | SI |
| 19306006 | 434,450 | 4.323,250 | P+S | ? | 620 | 78 | ITGE | 19306052 | No buscado | NO |
| 19306007 | 437,450 | 4.322,250 | P+S | S. 1974 | 619 | 56 | ITGE | 19306055 | No buscado | NO |
| 19306008 | 435,250 | 4.318,900 | P+S | S. 1974 | 619 | 24 | ITGE | 19306062 | No buscado | NO |
| 19306009 | 434,700 | 4.318,800 | P+S | S. 1976 | 620 | 29 | ITGE | 19306071 | No buscado | NO |
| 19306010 | 434,800 | 4.323,000 | S | ? | 619 | 86 | ITGE | 19306011 | No buscado | NO |
| 19306011 | 438,300 | 4.322,400 | S | ? | 619 | 44 | ITGE | 19306054 | No buscado | NO |
| 19306012 | 438,350 | 4.319,700 | S | ? | 621 | 48 | ITGE | 19306056 | No buscado | NO |
| 19306013 | 434,250 | 4.322,800 | S | ? | 618 | 26 | ITGE | 19306057 | No buscado | NO |
| 19306014 | 434,250 | 4.320,450 | S | ? | 621 | 41 | ITGE | 19306059 | No buscado | NO |
| 19306015 | 434,300 | 4.320,400 | S | ? | 625 | 30 | ITGE | 19306060 | No buscado | NO |
| 19306016 | 438,300 | 4.318,000 | S | ? | 620 | 28 | ITGE | 19306061 | No buscado | NO |
| 19306017 | 430,500 | 4.322,600 | S | ? | 618 | 22 | ITGE | 19306063 | No buscado | NO |
| 19306018 | 436,450 | 4.326,350 | S | ? | 620 | 50 | ITGE | 19306075 | No buscado | NO |
| 19306019 | 434,700 | 4.326,250 | S | ? | 620 | 50 | ITGE | 19306080 | No buscado | NO |

Tabla 1.3.1.- Resumen del inventario de puntos de agua (Iª parte)

| Número | Coor-x | Coor-y | Natu. | Fecha | Cota | Prof.pozo | Origen | Nº Origen | Acceso | Ficha |
|----------|---------|-----------|-------|-------|-------|-----------|---------|-----------|------------|-------|
| 19307001 | 444,400 | 4.324,700 | S | ? | 620 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19307002 | 441,500 | 4.321,550 | S | ? | 619 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 19307003 | 446,150 | 4.322,600 | S | 1976 | 625 | 35 | ITGE | 19307003 | Libre | SI |
| 19307004 | 441,400 | 4.322,100 | S | 1974 | 623 | 46 | ITGE | 19307033 | No buscado | NO |
| 19307005 | 442,150 | 4.325,350 | S | ? | 612 | 105 | ITGE | 19307004 | No buscado | NO |
| 19307006 | 443,200 | 4.322,150 | S | ? | 627 | 34.5 | ITGE | 19307030 | No buscado | NO |
| 19307007 | 446,500 | 4.325,000 | S | | | | Daimiel | | No buscado | NO |
| 19308001 | 453,600 | 4.324,350 | S | ? | 633 | ? | ITGE | 19308015 | Libre | SI |
| 19308002 | 448,400 | 4.325,400 | PIEZ. | 1969 | 619.2 | 169 | ITGE | 19308014 | Cegado | NO |
| 19308003 | 449,750 | 4.323,800 | P+S | 1974 | 619 | 94 | ITGE | 19308037 | No buscado | NO |
| 19308004 | 451,300 | 4.319,400 | S | 1974 | 640 | 60 | ITGE | 19308035 | Permiso | SI |
| 19308005 | 448,500 | 4.319,900 | S | ? | 635 | 50 | ITGE | 19308008 | No buscado | NO |
| 19308006 | 448,550 | 4.322,950 | S | ? | 630 | 56.5 | ITGE | 19308012 | No buscado | NO |
| 19308007 | 448,450 | 4.326,600 | S | ? | 629 | 58 | ITGE | 19308013 | No buscado | NO |
| 19308008 | 449,450 | 4.323,050 | S | ? | 625 | 47 | ITGE | 19308018 | No buscado | NO |
| 19308009 | 449,950 | 4.320,950 | S | ? | 632 | 50 | ITGE | 19308022 | No buscado | NO |
| 19308010 | 454,300 | 4.322,500 | S | ? | 629 | 47 | ITGE | 19308036 | No buscado | NO |
| 20301002 | 456,350 | 4.331,800 | S | ? | 630 | 70 | Propio | | Libre | NO |
| 20301003 | 459,250 | 4.333,750 | S | ? | 635 | ? | Propio | | Libre | SI |
| 20301004 | 457,400 | 4.333,750 | | | 635 | ? | Daimiel | | Permiso | NO |
| 20305001 | 459,150 | 4.319,850 | S | ? | 644 | 250 | ITGE | 20305001 | No buscado | NO |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim. | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|------------|----------|------------|
| 19295001 | 04/09/92 | 9.86 | 628.14 | | NO | SI |
| | 18/06/93 | 9.33 | 628.67 | PH,C,D | | |
| | 20/10/93 | 10.01 | 627.99 | | | |
| 19295002 | 10/01/78 | 1.32 | 686.68 | | NO | NO |
| 19296001 | 04/09/92 | 1.62 | 656.38 | | NO | SI |
| | 18/06/93 | 1.92 | 656.08 | PH,C,D | | |
| | 20/10/93 | 1.78 | 656.22 | | | |
| 19296002 | 15/07/92 | 6.27 | 611.73 | | NO | NO |
| | 02/09/92 | 6.72 | 611.28 | | | |
| | 11/11/92 | 6.92 | 611.08 | | | |
| | 09/12/92 | 6.91 | 611.09 | | | |
| | 11/01/93 | 6.9 | 611.1 | | | |
| | 22/02/93 | 6.9 | 611.1 | | | |
| | 18/03/93 | 6.9 | 611.1 | | | |
| | 28/04/93 | 6.9 | 611.1 | | | |
| | 24/05/93 | 6.89 | 611.11 | | | |
| | 18/06/93 | 6.82 | 611.18 | | | |
| | 27/07/93 | 6.99 | 611.01 | | | |
| | 25/08/93 | 7.19 | 610.81 | | | |
| | 23/09/93 | 7.24 | 610.76 | | | |
| | 20/10/93 | 7.33 | 610.67 | | | |
| | 24/11/93 | 7.34 | 610.66 | | | |
| | 31/12/94 | 7.34 | 610.66 | | | |
| | 27/01/94 | 7.34 | 610.66 | | | |
| | 14/03/94 | 7.32 | 610.68 | | | |
| | 19/04/94 | 7.29 | 610.71 | | | |
| | 09/07/94 | 7.44 | 610.56 | | | |
| | 10/10/94 | 7.95 | 610.05 | | | |
| | 22/12/94 | 7.91 | 610.09 | | | |
| | 26/04/95 | 7.92 | 610.08 | | | |
| | 30/06/95 | 8.19 | 609.81 | | | |
| 19296003 | 28/08/91 | 3.2 | 609.8 | | NO | SI |
| | 02/09/92 | 3.71 | 609.29 | SI | | |
| 19296004 | 04/09/92 | 2.22 | 627.78 | | NO | NO |
| | 18/06/93 | 1.28 | 628.72 | SI | | |
| | 20/10/93 | 2 | 628 | | | |
| 19296005 | 04/09/92 | 4.52 | 629.48 | | NO | SI |
| | 18/06/92 | 4.58 | 629.42 | | | |
| | 20/10/93 | Seco | | | | |
| 19296006 | | | | | NO | SI |
| 19297001 | 15/07/92 | 3.6 | 610.4 | | NO | NO |
| | 02/09/92 | 3.92 | 610.08 | | | |
| | 11/11/92 | 3.9 | 610.1 | | | |
| | 09/12/92 | 3.89 | 610.11 | | | |
| | 11/01/93 | 3.9 | 610.1 | | | |
| | 22/02/93 | 3.91 | 610.09 | | | |
| | 18/03/93 | 3.91 | 610.09 | | | |
| | 28/04/93 | 3.92 | 610.08 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19297001 | 24/05/93 | 3.92 | 610.08 | | | |
| | 18/06/93 | 3.86 | 610.14 | SI | | |
| | 27/07/93 | 4.14 | 609.86 | | | |
| | 25/08/93 | 4.23 | 609.77 | | | |
| | 23/09/93 | 4.15 | 609.85 | | | |
| | 20/10/93 | 4.19 | 609.81 | | | |
| | 24/11/93 | 4.19 | 609.81 | | | |
| | 31/12/93 | 4.14 | 609.86 | | | |
| | 27/01/94 | 4.08 | 609.92 | | | |
| | 14/03/94 | 3.87 | 610.13 | | | |
| | 19/04/94 | 4.06 | 609.94 | | | |
| | 09/07/94 | 4.27 | 609.73 | | | |
| | 10/10/94 | 4.61 | 609.39 | | | |
| | 22/12/94 | 4.4 | 609.6 | | | |
| | 26/04/95 | 4.38 | 609.62 | | | |
| | 30/06/95 | 4.72 | 609.28 | | | |
| 19297002 | 19/05/91 | 4.5 | 608.5 | | NO | SI |
| 19297003 | 11/10/92 | 3.48 | 613.52 | | NO | NO |
| | 18/06/93 | 3.12 | 613.88 | SI | | |
| | 20/10/93 | 4.2 | 612.8 | | | |
| 19297004 | 18/06/93 | 8.32 | 605.68 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 8.88 | 605.12 | | | |
| 19297005 | 09/10/92 | 0 | 630 | PH,C,D | NO | NO |
| 19297006 | | | | | NO | SI |
| 19297007 | 19/04/94 | 5.7 | 611.3 | | SI | SI |
| 19298001 | 06/10/92 | 5.55 | 613.45 | | NO | NO |
| | 09/06/93 | 6.65 | 612.35 | | | |
| | 20/10/93 | 6.85 | 612.15 | | | |
| 19298002 | 06/10/92 | 4.63 | 613.37 | | NO | NO |
| | 09/06/93 | 4.82 | 613.18 | | | |
| | 20/10/93 | 5.05 | 612.95 | | | |
| 19298003 | 07/10/92 | 38.4 | 584.6 | | SI | NO |
| | 09/06/93 | 36.9 | 586.1 | | | |
| | 20/10/93 | 39.43 | 583.57 | | | |
| 19298004 | | | | | NO | SI |
| 19298005 | | | | | NO | SI |
| 19298006 | | | | | NO | SI |
| 19298007 | 09/06/93 | 15.88 | 602.12 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 17.43 | 600.57 | | | |
| | 27/01/94 | 17.05 | 600.95 | | | |
| | 14/03/94 | 16.5 | 601.5 | | | |
| | 19/04/94 | 16.27 | 601.73 | | | |
| | 09/07/94 | 18.08 | 599.92 | | | |
| | 08/11/94 | 19.09 | 598.91 | | | |
| | 26/04/95 | 20.11 | 597.89 | | | |
| | 30/06/95 | 20.99 | 597.01 | | | |
| 19298008 | 09/06/93 | 6.19 | 611.81 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 6.56 | 611.44 | | | |
| | 14/03/94 | 5.7 | 612.3 | | | |
| | 09/07/94 | 6.11 | 611.89 | | | |
| 19298009 | 18/06/93 | 9.86 | 615.14 | | NO | NO |
| 19298010 | 17/12/74 | | | | SI | NO |
| 19298011 | 17/12/74 | | | | SI | NO |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19298012 | 17/12/74 | | | | SI | NO |
| 20295001 | 06/10/92 | 44.95 | 583.05 | | NO | NO |
| | 09/06/93 | 43.85 | 584.15 | | | |
| | 20/10/93 | 46.04 | 581.96 | | | |
| 20295002 | 09/06/93 | 16.84 | 613.16 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 17.78 | 612.22 | | | |
| 19301001 | 04/09/92 | 34.85 | 584.15 | SI | NO | SI |
| | 18/06/93 | 32.07 | 580 | | | |
| | 20/10/93 | 36.32 | 582.68 | | | |
| 19301002 | 08/10/92 | 6.8 | 614.2 | | NO | NO |
| | 18/06/92 | 6.7 | 614.3 | | | |
| 19301003 | 08/10/92 | 34.15 | 583.85 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 33.75 | 584.25 | SI | | |
| | 20/10/93 | 37.2 | 580.8 | | | |
| 19301004 | | | | | NO | SI |
| 19301005 | | | | | NO | SI |
| 19301006 | | | | | NO | SI |
| 19301007 | | | | | NO | SI |
| 19301008 | 06/05/81 | Surgente | 604 | | NO | SI |
| 19301009 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19302001 | 15/07/92 | 2.54 | 606.46 | | NO | NO |
| | 02/09/92 | 3.98 | 605.02 | SI | | |
| | 11/11/92 | 3.37 | 605.63 | | | |
| | 09/12/92 | 3.27 | 605.73 | | | |
| | 11/01/93 | 3.45 | 605.55 | | | |
| | 22/02/93 | 3.46 | 605.54 | | | |
| | 18/03/93 | 3.09 | 605.91 | | | |
| | 28/04/93 | 2.79 | 606.21 | | | |
| | 24/05/93 | 2.71 | 606.29 | | | |
| | 18/06/93 | 2.75 | 606.25 | | | |
| | 27/07/93 | 3.02 | 605.98 | | | |
| | 25/08/93 | 3.26 | 605.74 | | | |
| | 23/09/93 | 3.38 | 605.62 | | | |
| | 20/10/93 | 3.42 | 605.58 | | | |
| | 24/11/93 | 3.34 | 605.66 | | | |
| | 31/12/93 | 3.46 | 605.54 | | | |
| | 27/01/94 | 3.94 | 605.06 | | | |
| | 14/03/94 | 3.3 | 605.7 | | | |
| | 19/04/94 | 3.29 | 605.71 | | | |
| | 09/07/94 | 3.38 | 605.62 | | | |
| | 10/10/94 | 3.32 | 605.68 | | | |
| | 22/12/94 | 3.45 | 605.55 | | | |
| | 26/04/95 | 2.85 | 606.15 | | | |
| | 30/06/95 | 3.02 | 605.98 | | | |
| 19302002 | 16/12/91 | 12.85 | 594.15 | | NO | NO |
| | 05/03/92 | 11.73 | 595.27 | | | |
| | 15/07/92 | 13.23 | 593.77 | | | |
| | 02/09/92 | 16.02 | 590.98 | | | |
| | 11/11/92 | 15.02 | 591.98 | | | |
| | 09/12/92 | 14.46 | 592.54 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19302002 | 11/01/93 | 13.92 | 593.08 | | | |
| | 22/02/93 | 13.71 | 593.29 | | | |
| | 18/03/93 | 14.15 | 592.85 | | | |
| | 28/04/93 | 15.34 | 591.66 | | | |
| | 24/05/93 | 15.3 | 591.7 | | | |
| | 18/06/93 | 15.06 | 591.94 | | | |
| | 27/07/93 | 16.2 | 590.8 | | | |
| | 25/08/93 | 17 | 590 | | | |
| | 23/09/93 | 17.08 | 589.92 | | | |
| | 20/10/93 | 17.09 | 589.91 | | | |
| | 24/11/93 | 17.09 | 589.91 | | | |
| | 31/12/93 | 17.12 | 589.88 | | | |
| | 27/01/94 | 16.65 | 590.35 | | | |
| | 14/03/94 | 15.43 | 591.57 | | | |
| | 09/07/94 | 14.62 | 592.38 | | | |
| | 08/11/94 | 17.63 | 589.37 | | | |
| 19302003 | 16/12/91 | 5.26 | 601.74 | | NO | NO |
| | 05/03/92 | 5.48 | 601.52 | | | |
| | 15/07/92 | 5.6 | 601.4 | | | |
| | 02/09/92 | 5.95 | 601.05 | | | |
| | 11/11/92 | 6.13 | 600.87 | | | |
| | 09/12/92 | 6.19 | 600.81 | | | |
| | 11/01/93 | 6.22 | 600.78 | | | |
| | 22/02/93 | 6.42 | 600.58 | | | |
| | 18/03/93 | 6.42 | 600.58 | | | |
| | 28/04/93 | 6.27 | 600.73 | | | |
| | 24/05/93 | 6.17 | 600.83 | | | |
| | 18/06/93 | 6.05 | 600.95 | | | |
| | 27/07/93 | 6.63 | 600.37 | | | |
| | 25/08/93 | 6.84 | 600.16 | | | |
| | 23/09/93 | 7.02 | 599.98 | | | |
| | 20/10/93 | 7.21 | 599.79 | | | |
| Escala P. | 24/11/93 | 7.36 | 599.64 | | | |
| | 31/12/93 | 7.26 | 599.74 | | | |
| | 27/01/94 | 6.78 | 600.22 | | | |
| | 14/03/94 | 6.31 | 600.69 | | | |
| | 09/07/94 | 7.24 | 599.76 | | | |
| | 08/11/94 | 8.22 | 598.78 | | | |
| | 11/01/93 | | 602.8 | | | |
| | 22/02/93 | | 602.77 | | | |
| | 18/03/93 | | 603.72 | | | |
| | 28/04/93 | | 603 | | | |
| | 24/05/93 | | 603.12 | | | |
| | 18/06/93 | | 603.14 | | | |
| | 27/07/93 | | 602.65 | | | |
| | 25/08/93 | | 602.3 | | | |
| | 23/09/93 | | 602.19 | | | |
| | 20/10/93 | | 602 | | | |
| | 24/11/93 | | 602 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombel | Col. lito. |
|-----------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Escala P. | 31/12/93 | | 602 | | | |
| | 27/01/94 | | 602.6 | | | |
| | 14/03/94 | | 602.98 | | | |
| | 19/04/94 | | 602.9 | | | |
| | 09/07/94 | | 602 | | | |
| | 10/11/94 | | Seco | | | |
| | 22/12/94 | | Seco | | | |
| 19302004 | 16/12/91 | 1.83 | 605.17 | | NO | NO |
| | 15/07/92 | 2.1 | 604.9 | | | |
| | 02/09/92 | 2.46 | 604.54 | SI | | |
| | 11/11/92 | 2.68 | 604.32 | | | |
| | 09/12/92 | 2.72 | 604.28 | | | |
| | 11/01/93 | 2.78 | 604.22 | | | |
| | 22/02/93 | 2.83 | 604.17 | | | |
| | 18/03/93 | 2.86 | 604.14 | | | |
| | 28/04/93 | 2.9 | 604.1 | | | |
| | 24/05/93 | 2.88 | 604.12 | | | |
| | 18/06/93 | 2.69 | 604.31 | | | |
| | 27/07/93 | 2.99 | 604.01 | | | |
| | 25/08/93 | 3.19 | 603.81 | | | |
| | 23/09/93 | 3.33 | 603.67 | | | |
| | 20/10/93 | 3.46 | 603.54 | | | |
| | 24/11/93 | 3.49 | 603.51 | | | |
| | 31/12/93 | 3.47 | 607 | | | |
| | 27/01/94 | 3.46 | 603.54 | | | |
| | 14/03/94 | 3.47 | 603.53 | | | |
| | 19/04/94 | 3.49 | 603.51 | | | |
| | 09/07/94 | 3.78 | 603.22 | | | |
| | 10/10/94 | 4.31 | 602.69 | | | |
| | 22/12/94 | 4.47 | 602.53 | | | |
| | 26/04/95 | 4.25 | 602.75 | | | |
| | 30/06/95 | 4.53 | 602.47 | | | |
| 19302005 | 15/07/92 | 1.6 | 607.4 | | | |
| | 02/09/92 | 2.36 | 606.64 | SI | NO | NO |
| | 11/11/92 | 2.61 | 606.39 | | | |
| | 09/12/92 | 2.57 | 606.43 | | | |
| | 11/01/93 | 2.45 | 606.55 | | | |
| | 22/02/93 | 2.27 | 606.73 | | | |
| | 18/03/93 | 2.28 | 606.72 | | | |
| | 28/04/93 | 2.33 | 606.67 | | | |
| | 24/05/93 | 2.18 | 606.82 | | | |
| | 18/06/93 | 1.86 | 607.14 | | | |
| | 27/07/93 | 2.55 | 606.45 | | | |
| | 25/08/93 | 2.99 | 606.01 | | | |
| | 23/09/93 | 3.18 | 605.82 | | | |
| | 20/10/93 | 3.31 | 605.69 | | | |
| | 24/11/93 | 3.33 | 605.67 | | | |
| | 31/12/93 | 3.25 | 605.75 | | | |
| | 26/04/95 | 3.72 | 605.28 | | | |
| | 30/06/95 | 4.08 | 604.92 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19302006 | 15/07/92 | 1.22 | 607.78 | | NO | SI |
| | 02/09/92 | 1.85 | 607.15 | SI | | |
| | 11/11/92 | 1.91 | 607.09 | | | |
| | 09/12/92 | 1.87 | 607.13 | | | |
| | 11/01/93 | 1.76 | 607.24 | | | |
| | 22/02/93 | 1.73 | 607.27 | | | |
| | 18/03/93 | 1.75 | 607.25 | | | |
| | 28/04/93 | 1.79 | 607.21 | | | |
| | 24/05/93 | 1.69 | 607.31 | | | |
| | 18/06/93 | 1.5 | 607.5 | | | |
| | 27/07/93 | 2.07 | 606.93 | | | |
| | 25/08/93 | 2.39 | 606.61 | | | |
| | 23/09/93 | 2.53 | 606.47 | | | |
| | 20/10/93 | 2.58 | 606.42 | | | |
| | 24/11/93 | 2.55 | 606.45 | | | |
| | 31/12/93 | 2.46 | 606.54 | | | |
| | 27/01/94 | 2.35 | 606.65 | | | |
| | 14/03/94 | 2.23 | 609 | | | |
| | 09/07/94 | 2.66 | 606.34 | | | |
| | 10/10/94 | 3.53 | 605.47 | | | |
| | 22/12/94 | 3.3 | 605.7 | | | |
| | 26/04/95 | 3.35 | 605.65 | | | |
| | 30/06/95 | 3.64 | 605.36 | | | |
| 19302007 | 15/07/92 | 1.2 | 607.8 | | NO | SI |
| | 02/09/92 | 1.82 | 607.18 | SI | | |
| | 11/11/92 | 2.15 | 606.85 | | | |
| | 09/12/92 | 2.14 | 606.86 | | | |
| | 11/01/93 | 2.08 | 606.92 | | | |
| | 22/02/93 | 2.02 | 606.98 | | | |
| | 18/03/93 | 2.05 | 606.95 | | | |
| | 28/04/93 | 2.05 | 606.95 | | | |
| | 24/05/93 | 1.94 | 607.06 | | | |
| | 18/06/93 | 1.69 | 607.31 | | | |
| | 27/07/93 | 2.24 | 606.76 | | | |
| | 25/08/93 | 2.65 | 606.35 | | | |
| | 23/09/93 | 2.87 | 606.13 | | | |
| | 20/10/93 | 2.98 | 606.02 | | | |
| | 24/11/93 | 2.97 | 606.03 | | | |
| | 31/12/93 | 2.93 | 606.07 | | | |
| | 27/01/94 | 2.89 | 606.11 | | | |
| | 14/03/94 | 2.69 | 606.31 | | | |
| | 09/07/94 | 2.8 | 606.2 | | | |
| | 10/10/94 | 3.5 | 605.5 | | | |
| | 22/12/94 | 3.37 | 605.63 | | | |
| | 26/04/95 | 3.36 | 605.64 | | | |
| | 30/06/95 | 3.52 | 605.48 | | | |
| 19302008 | 02/09/92 | 3.95 | 604.05 | SI | NO | NO |
| | 11/11/92 | 4.43 | 603.57 | | | |
| | 09/12/92 | 4.53 | 603.47 | | | |
| | 11/01/93 | 4.61 | 603.39 | | | |
| | 22/02/93 | 4.65 | 603.35 | | | |
| | 18/03/93 | 4.64 | 603.36 | | | |
| | 28/04/93 | 4.59 | 603.41 | | | |
| | 24/05/93 | 4.55 | 603.45 | | | |
| | 18/06/93 | 4.48 | 603.52 | | | |
| | 27/07/93 | 4.67 | 603.33 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19302008 | 25/08/93 | 4.85 | 603.15 | | | |
| | 23/09/93 | 4.95 | 603.05 | | | |
| | 20/10/93 | 5.07 | 602.93 | | | |
| | 24/11/93 | 5.06 | 602.94 | | | |
| | 31/12/93 | 5.01 | 602.99 | | | |
| | 27/01/94 | 4.96 | 603.04 | | | |
| | 14/03/94 | 4.86 | 603.14 | | | |
| | 19/04/94 | 4.85 | 603.15 | | | |
| | 09/07/94 | 5.06 | 602.94 | | | |
| | 10/10/94 | 5.82 | 602.18 | | | |
| | 22/12/94 | 5.71 | 602.29 | | | |
| | 26/04/95 | 5.65 | 602.35 | | | |
| | 30/06/95 | 5.89 | 602.11 | | | |
| 19302009 | 03/09/92 | 3.33 | 605.67 | SI | SI | SI |
| 19302010 | 08/10/92 | 7.88 | 626.12 | SI | NO | NO |
| | 18/06/93 | 8.65 | 625.35 | | | |
| | 20/10/93 | 9.42 | 624.58 | | | |
| 19302011 | 04/09/92 | 3.97 | 604.03 | SI | NO | SI |
| 19302012 | | | | | NO | NO |
| 19302013 | | | | | SI | SI |
| 19302014 | | | | | SI | SI |
| 19302015 | | | | | SI | SI |
| 19302016 | 28/08/91 | 4.32 | 610.68 | PH, C | NO | SI |
| 19302017 | 28/04/79 | 0.4 | 617.6 | | NO | SI |
| 19302018 | 28/04/79 | 15.5 | 614.5 | | NO | SI |
| 19302019 | 28/04/79 | 13.25 | 606.75 | | NO | SI |
| 19302020 | | | | | SI | SI |
| 19302021 | 21/05/81 | 9.2 | 605.8 | | NO | NO |
| 19302022 | 22/02/93 | 4.6 | 603.4 | | NO | NO |
| | 18/03/93 | 4.54 | 603.46 | | | |
| | 28/04/93 | 4.63 | 603.37 | | | |
| | 24/05/93 | 4.52 | 603.48 | | | |
| | 18/06/93 | 4.42 | 603.58 | | | |
| | 27/07/93 | 4.67 | 603.33 | | | |
| | 25/08/93 | 4.77 | 603.23 | | | |
| | 23/09/93 | 4.62 | 603.38 | | | |
| | 20/10/93 | 4.6 | 603.4 | | | |
| | 24/11/93 | 4.54 | 603.46 | | | |
| | 31/12/93 | 4.43 | 603.57 | | | |
| | 26/04/95 | 5.16 | 602.84 | | | |
| | 30/06/95 | 5.73 | 602.27 | | | |
| 19302023 | 22/04/74 | 1.71 | 606.29 | | SI | SI |
| | 22/02/93 | 9.7 | 598.3 | | | |
| | 25/03/93 | 7.28 | 600.72 | | | |
| | 24/05/93 | 6.84 | 601.16 | | | |
| | 18/06/93 | 9.9 | 598.1 | | | |
| | 27/07/93 | 9.9 | 598.1 | | | |
| | 24/11/93 | 7.41 | 600.59 | | | |
| | 27/01/94 | 9.17 | 598.83 | | | |
| | 07/04/94 | 11.87 | 596.13 | | | |
| | 06/06/94 | 9.33 | 598.67 | | | |
| 19302024 | 17/02/76 | 4.12 | 604.58 | | SI | NO |
| 19302025 | | | | | SI | SI |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Numero | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19302026 | 22/02/93 | 7.41 | 600.59 | | NO | NO |
| | 25/03/93 | 6.67 | 601.33 | | | |
| | 28/04/93 | 8.3 | 599.7 | | | |
| | 24/05/93 | 5.43 | 602.57 | | | |
| | 18/06/93 | 5.51 | 602.49 | | | |
| | 27/07/93 | 7.61 | 600.39 | | | |
| | 24/11/93 | 8.08 | 599.92 | | | |
| | 27/01/94 | 6.11 | 601.89 | | | |
| 19302027 | | | | | SI | SI |
| 19302028 | | | | | NO | SI |
| 19302029 | | | | | NO | SI |
| 19292030 | | | | | NO | SI |
| 19302031 | | | | | NO | SI |
| 19302032 | | | | | SI | SI |
| 19302033 | | | | | SI | SI |
| 19302034 | | | | | SI | SI |
| 19302035 | 08/06/93 | 32.33 | 587.67 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 35.48 | 584.52 | | | |
| | 22/12/94 | 37.69 | 582.31 | | | |
| | 26/04/95 | 40.37 | 579.63 | | | |
| | 30/06/95 | 41.28 | 578.72 | | | |
| 19302036 | 04/11/74 | Surgente | 609 | | NO | SI |
| | 20/10/93 | apx. 3 | apx. 606 | | | |
| 19302037 | | | | | NO | NO |
| 19302038 | 17/02/86 | | | | SI | NO |
| 19303001 | 03/09/93 | 8.24 | 609.76 | | NO | SI |
| 19303002 | 17/07/91 | 37.81 | 592.19 | | NO | NO |
| | 07/10/92 | 39.52 | 590.48 | | | |
| | 08/06/93 | 38.16 | 591.84 | | | |
| | 20/10/93 | 40.85 | 589.15 | | | |
| 19303003 | 17/07/91 | 41.38 | 588.62 | | NO | NO |
| | 07/10/92 | 42.59 | 587.41 | | | |
| | 08/06/93 | 41.5 | 588.5 | | | |
| | 20/10/93 | 43.95 | 586.05 | | | |
| | 22/12/94 | 46.1 | 583.9 | | | |
| 19303004 | 17/07/91 | 28.85 | 589.15 | PH,C,EH | NO | NO |
| | 07/10/92 | 30.23 | 587.77 | | | |
| | 08/06/93 | 28.75 | 589.25 | | | |
| 19303005 | 18/07/91 | 36.7 | 578.3 | PH,C,EH | NO | NO |
| 19303006 | 18/07/91 | 31.35 | 590.65 | PH, C | NO | NO |
| 19303007 | 19/07/91 | 38.69 | 587.31 | | NO | NO |
| 19303008 | 19/07/91 | 24.82 | 588.18 | | NO | NO |
| 19303009 | 19/07/91 | 7.23 | 602.77 | | NO | NO |
| | 07/10/92 | 7.37 | 602.63 | | | |
| 19303010 | 28/08/91 | 33.78 | 585.22 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | | | SI | | |
| 19303011 | 17/07/91 | 24.18 | 593.82 | | NO | NO |
| | 07/10/92 | 25.92 | 592.08 | | | |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19303012 | 07/10/92 | 32.4 | 585.6 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 31.6 | 586.4 | | | |
| | 20/10/93 | 33.89 | 584.11 | | | |
| | 22/12/94 | 35.82 | 582.18 | | | |
| 19303013 | 07/09/92 | | ? | SI | NO | NO |
| 19303014 | 07/10/92 | 36.8 | 593.4 | | NO | SI |
| | 08/06/93 | 35.33 | 594.87 | | | |
| | 20/10/93 | 38.11 | 592.09 | | | |
| 19303015 | 07/10/92 | 33.61 | 587.39 | | SI | NO |
| | 08/06/93 | 30.17 | 590.83 | | | |
| | 20/10/93 | 33.02 | | | | |
| 19303016 | 08/10/92 | 32.1 | 585.9 | | NO | NO |
| | 08/06/92 | 30.6 | 587.4 | | | |
| | 20/10/83 | 33.48 | 584.52 | | | |
| 19303017 | | | | | NO | SI |
| 19303018 | | | | | SI | SI |
| 19303019 | | | | | NO | SI |
| 19303020 | 08/06/93 | 24.74 | 590.26 | | NO | NO |
| | 20/10/93 | 27.52 | 587.48 | | | |
| | 22/12/94 | 29.27 | 585.73 | | | |
| | 30/06/95 | 32.74 | 582.26 | | | |
| 19303021 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19303022 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19303023 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19304001 | 16/07/91 | 26.85 | 590.15 | PH,C,EH | NO | SI |
| | 16/12/91 | 27.12 | 589.88 | | | |
| | 15/07/92 | 27.4 | 589.6 | | | |
| | 06/10/92 | 29.26 | 587.74 | | | |
| | 11/01/93 | 28.12 | 588.88 | | | |
| 19304002 | 16/07/91 | 26.45 | 590.55 | | NO | NO |
| 19304003 | 16/07/91 | 34.4 | 590.6 | | NO | NO |
| | 07/10/92 | 37.5 | 587.5 | | | |
| | 09/06/93 | 35.43 | 587.5 | | | |
| | 20/10/93 | 38.15 | 586.85 | | | |
| 19304004 | 16/07/91 | 26.65 | 589.35 | | NO | NO |
| | 06/10/92 | 29.14 | 586.86 | | | |
| | 09/06/93 | 27.51 | 588.49 | | | |
| | 20/10/93 | 30.2 | 585.8 | | | |
| | 09/07/94 | 31.24 | 584.76 | | | |
| | 10/10/94 | 32.81 | 583.19 | | | |
| | 22/12/94 | 31.92 | 589.35 | | | |
| | 26/04/95 | 33.15 | 582.85 | | | |
| | 30/06/95 | Seco | < 580 | | | |
| 19304005 | 17/07/91 | 32.71 | 582.29 | PH, C | NO | SI |
| | 06/10/92 | 34.96 | 580.04 | | | |
| | 09/06/93 | 33.32 | 581.68 | SI | | |
| | 20/10/93 | 35.98 | 579.02 | | | |
| 19304006 | 17/07/91 | 35.32 | 581.68 | | NO | NO |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19304007 | 17/07/91 | 34.89 | 592.11 | PH,C,EH | NO | NO |
| | 09/10/92 | 36.65 | 590.35 | | | |
| | 09/06/93 | 35.3 | 591.7 | | | |
| | 20/10/93 | 38.02 | 588.98 | | | |
| 19304008 | 17/10/91 | 31.1 | 583.9 | PH,C,EH | NO | NO |
| 19304009 | 19/07/91 | 38.72 | 584.28 | | NO | NO |
| 19304010 | 19/07/91 | 37.1 | 588.9 | PH,C,EH | NO | NO |
| | 07/10/92 | 40.28 | 585.72 | | | |
| | 06/06/93 | 39.22 | 586.78 | | | |
| | 20/10/93 | 41.68 | 584.32 | | | |
| 19304011 | 21/10/73 | 16.67 | 616.46 | | NO | SI |
| 19304012 | 20/07/76 | 19.85 | 604.15 | | NO | SI |
| 19304013 | 17/12/74 | 18 | 606 | | NO | SI |
| 19304014 | 24/09/73 | | | | SI | NO |
| 19304015 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19304016 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19304017 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19304018 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19304019 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19304020 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19304021 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19304022 | 1074 | | | | SI | NO |
| 19304023 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19304024 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19305001 | 08/10/92 | 9.35 | 607.65 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 10.48 | 606.52 | | | |
| 19305002 | 09/10/92 | 30.08 | 589.92 | | NO | SI |
| | 08/06/93 | 30.35 | 589.65 | | | |
| | 20/10/93 | 32.22 | 587.78 | | | |
| 19305003 | 17/12/74 | 6.68 | 608.32 | | NO | SI |
| | 08/06/93 | 11.67 | 603.33 | | | |
| | 20/10/93 | 12.18 | 602.82 | | | |
| 19305004 | 10/01/76 | 4.4 | 614.6 | | NO | SI |
| 19305005 | 28/01/81 | 5.82 | 605.18 | | NO | SI |
| 19305006 | 27/01/81 | 7.81 | 607.19 | | NO | SI |
| 19306001 | 08/10/92 | 32.17 | 586.83 | | NO | NO |
| 19306002 | 08/10/92 | 15.42 | 603.58 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 13.03 | 605.97 | | | |
| | 20/10/93 | 13.02 | 605.98 | | | |
| 19306003 | 09/10/92 | 28.02 | 586.98 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 26.5 | 588.5 | SI | | |
| | 20/10/93 | 29.48 | 585.52 | | | |
| 19306004 | 29/11/73 | 8.3 | 607.7 | | NO | SI |
| 19306005 | 28/11/73 | 11.98 | 628.02 | | NO | NO |
| | 06/06/93 | 31.7 | 608.3 | SI | | |
| | 20/10/93 | 34.14 | 605.86 | | | |
| 19306006 | 17/12/74 | 13.96 | 606.04 | | NO | SI |
| 19306007 | 17/12/74 | 619 | 0 | | SI | SI |
| 19306008 | 17/12/74 | 7.26 | 611.74 | | SI | SI |

Tabla 1.3.2.- Resumen del inventario de puntos de agua

| Número | Fecha | Prof. agua | Cota agua | Ana. quim | E. bombe | Col. lito. |
|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 19306009 | 03/01/76 | 8.8 | 611.2 | | NO | SI |
| 19306010 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306011 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306012 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306013 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306014 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306015 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306016 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306017 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19306018 | 1980 | | | | SI | NO |
| 19306019 | 1980 | | | | SI | NO |
| 19307001 | 08/10/92 | 40.6 | 579.4 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 39.3 | 580.7 | | | |
| | 20/10/93 | 42 | 578 | | | |
| 19307002 | 09/10/92 | 36.12 | 582.88 | | NO | NO |
| | 08/06/93 | 34.38 | 584.62 | | | |
| | 20/10/93 | 37.03 | 581.97 | | | |
| 19307003 | 02/06/76 | 17.94 | 607.06 | | NO | SI |
| | 09/10/92 | 42.7 | 582.3 | | | |
| | 08/06/93 | 41.49 | 583.51 | | | |
| | 20/10/93 | 43.64 | 581.36 | | | |
| 19307004 | 05/02/75 | 4.64 | 618.36 | | NO | SI |
| 19307005 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19307006 | | | | | | |
| 19307007 | | | | | | |
| 19308001 | 14/12/73 | 9.77 | 623.23 | | NO | SI |
| | 09/10/92 | 49.1 | 583.9 | | | |
| | 09/06/93 | 47.6 | 585.4 | | | |
| | 21/10/93 | 50.4 | 582.6 | | | |
| 19308002 | 25/01/74 | 5.92 | 613.28 | | NO | SI |
| 19308003 | 17/12/74 | 14.3 | 604.7 | | SI | SI |
| 19308004 | 09/06/93 | 50.4 | 589.6 | | NO | SI |
| 19308005 | 1973 | | | | SI | NO |
| 19308006 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19308007 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19308008 | 1974 | | | | SI | NO |
| 19308009 | 1965 | | | | SI | NO |
| 19308010 | 1965 | | | | SI | NO |
| 20301002 | 06/10/92 | 51.65 | 578.35 | | NO | NO |
| | 09/06/93 | 46.93 | 583.07 | | | |
| | 20/10/93 | 52.61 | 577.39 | | | |
| 20301003 | 06/10/92 | 53.1 | 581.9 | | NO | SI |
| | 09/06/93 | 51.18 | 583.82 | | | |
| | 20/10/93 | 53.72 | 581.28 | | | |
| 20301004 | 09/88 | 28.7 | 606.3 | | NO | NO |
| | 09/89 | 29.6 | 605.4 | | | |
| | 09/90 | 31.85 | 603.15 | | | |
| | 09/91 | 34.85 | 600.15 | | | |
| | 09/92 | 37 | 598 | | | |
| | 09/93 | 38 | 597 | | | |
| | 09/94 | 39.14 | 595.86 | | | |
| | 09/95 | 43.1 | 591.9 | | | |

iii.- Análisis químico de muestras de agua

1.- Introducción

Se han tomado 21 muestras de agua subterránea, a partir de las cuales se ha caracterizado hidroquímicamente el área de estudio (ver apartado 3.5.2.5). Se ha hecho análisis de elementos mayoritarios y de parámetros físico - químicos, tales como conductividad y pH.

De las 21 muestra, 15 fueron tomadas durante la campaña de muestreo realizada en octubre de 1992 y las 6 restantes en junio de 1993. Además se han interpretado análisis de trabajos anteriores del ITGE y de ICONA (publicados en Aranda, G. et al , 1993).

Los análisis químicos de laboratorio los ha realido D. Fernando Moya , del Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid, quien realizó mediciones de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, NO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, pH y conductividad.

2.- Muestreo

El muestreo se ha realizado extrayendo el agua con una bomba peristáltica de succión "Masterflex", en los pozos o piezómetros donde el agua estaba próxima a la superficie. En el caso de sondeos que tuvieran el agua a más de 6 m de profundidad, se han tomado de los propios aspersores de riego o de grifos existentes en la boca de los pozos.

Las muestras se tomaron en botellas de polietileno de 1litro, enjuagándose con el agua que se iba a llenar antes de tomar la muestra definitiva.

Durante la tarea de muestreo en campo, se realizó "in situ" la medición y determinación de los parámetros y constituyentes inestables del, agua tales como: temperatura, conductividad, pH, y alcalinidad.

Temperatura Se midió con un termómetro de mercurio de precisión de 0,1 ° C.

Conductividad La conductividad del agua indica con bastante fiabilidad la mineralización del agua. Su valor depende de varias causas, entre ellas la temperatura del agua. Su determinación en campo se hizo con un conductivímetro de la casa HANNA Instruments (modelo HI 8333). El aparato tiene un compensador de temperatura, por lo que se obtienen valores de conductividad referidos a una temperatura standard de 25 ° C.

pH Para determinar el pH en campo se ha utilizado un pH-metro portátil de la casa HANNA Instruments.

Alcalinidad Su valoración se realiza en campo debido a que durante el almacenamiento de la muestra se pueden producir variaciones por reacciones de precipitación de calcita o por oxidación de ciertos metales que producen cambios en el pH. Su determinación se realizó mediante un kit de alcalinidad de la casa HANNA Instruments. El resultado de la alcalinidad viene expresada en mg/l de Ca CO_3

1.3.3. Elaboración y tratamiento de datos

En este apartado de la Tesis Doctoral, se explicará de forma esquemática cómo se han procesado todos los datos disponibles, indicando su fuente de origen y cuales eran objetivos buscados.

1.3.3.1.- **Objetivos geológicos**

Se ha pretendido conocer lo mejor posible la geología local tanto en superficie como en profundidad hasta alcanzar el zócalo paleozoico subyacente.

Estos objetivos se han sintetizado en los siguientes trabajos que hemos hecho:

i.- Mapa de síntesis geológico - hidrogeológico E:1/100.000

Puede verse en la figura 3.2.a. Se ha realizado utilizando como principal fuente los mapas de síntesis hidrogeológica, de las hojas nº 760 (Daimiel) y 737 (Villarrubia de los Ojos), que elaboró CGS e INTECSA (1975), en el "Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca Alta y Media del Guadiana" para el IGME. Además, se han utilizado los mapas geológicos del IGME hoja de Tomelloso nº 61.(E: 1/200.000) y hoja de Daimiel, nº 760 (E: 1/50.000).

ii.- Perfiles geológicos detallados

Se han empleado como base topográfica, los mapas del ejército E: 1/50.000 correspondientes, utilizando una escala vertical E: 1/1000. Los perfiles que mostramos están reducidos y su escala horizontal aproximada es E: 1/100.000. Se han trazado seis perfiles; dos de ellos paralelos a las Tablas (fig: 3.5.l y 3.5.m) y cuatro perpendiculares (fig: desde 3.5.h a 3.5.k) representativos de toda la zona (ver situación en figura 3.2.c). En las figuras 3.5.n a 3.5.ñ se ha presentado un "zoom" a la zona de las Tablas de Daimiel basado en alguno de los perfiles anteriores.

Se ha contado con columnas litológicas procedentes de TRAGSA y del ITGE, además de las conseguidas por nosotros en el campo. Dichas columnas (60 en total) se han representado con el programa STRATCOL para unificar criterios para facilitar las correlaciones (ver anexo II).

A continuación se hizo una proyección de los sondeos más cercanos y con mejores datos sobre los perfiles topográficos (ver fig: 3.2.c) y finalmente se realizó una correlación estratigráfica a escala 1/50.000, que posteriormente se redujo a la escala que se presenta en las figuras 3.5.h a 3.5.q.

iii.- Cartografía de turberas y de formaciones superficiales.

La documentación de partida ha sido la hoja geológica nº 760 del IGME y fotografías aéreas del vuelo del "Ministerio de Agricultura" realizado en Mayo de 1977 a escala 1/18.000 y vuelo del "Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación" de Septiembre de 1987 a escala 1/20.000.

Se ha cartografiado el valle del Guadiana a E: 1/25.000 para los años 1977, 1987, 1991. Como apoyo de campo hemos contado con la ayuda de calicatas en las turberas realizadas por la empresa "Turbas del Guadiana". En la figuras 3.4.a se muestra la síntesis de esas cartografías a una escala más reducida.

1.3.3.2.- **Objetivos hidrogeológicos**

Los objetivos hidrogeológicos que han servido como instrumentos de trabajo para llegar a los resultados perseguidos en la Tesis han sido los siguientes:

i.- Elaboración de mapas

1.- Mapas de isopiezas. Se han elaborado mapas correspondientes a los años 1980, 1984, 1987, 1991, 1992, VI/1993 y X/1993, que pueden verse en las figuras 3.5.a,b,c,d y f. Las fuentes y fechas de datos para la elaboración de estos mapas han sido respectivamente: a/Informe del SGDGOH (1991), para septiembre de 1980, 1984 y octubre de 1987, b/ García Rodríguez, M. (tesis de licenciatura), julio de 1991, c/ datos propios para octubre de 1992, d/ datos propios para junio de 1993 y e/ datos propios para octubre de 1993.

2.- Mapas de Isovariación. Corresponde a la diferencia de nivel entre las medidas de Octubre de 1992 y Junio de 1993 (ver fig: 3.5.f) y diferencia de niveles entre junio de 1993 y Octubre de 1993 (fig: 3.5.g).

3.- Mapa de isoconductividad eléctrica. Se ha dibujado con los datos obtenidos de las campañas de muestreo de octubre de 1992, junio de 1993 y otras medidas realizadas en fechas intermedias (ver fig: 3.5.r).

4.- Mapa de calidad química del agua. Se ha realizado a partir de las medidas tomadas en octubre de 1992 y junio de 1993 (ver fig: 3.5.r).

5.- Mapa de transmisividad. Con los datos de las fichas de TRAGSA y base de datos del ITGE (ver fig: 3.5.z), se han representado los valores de transmisividad, pero dada la heterogeneidad de los datos no se han pintado isolíneas.

ii.- Perfiles hidrogeológicos

Los datos de piezometría se han representado sobre la base de los perfiles geológicos tratados en el apartado 1.3.3.1 (fig. 3.5.h a 3.5.p).

La piezometría en los perfiles para el año 1980, se ha dibujado a partir del mapa de isopiezas del Informe del SGDGOH (1988 c). El nivel freático para 1992 y de fechas posteriores está dibujado a partir de medidas realizadas por nosotros en distintos pozos y proyectadas sobre los perfiles.

A efectos de dibujo y para evitar posibles errores de interpretación, conviene aclarar que el nivel freático que se representa en los perfiles, se ha dibujado proyectando la cota real del agua en los pozos y no la de la superficie del terreno de los mismos.

iii.- Hidrogramas

Se ha representado la evolución del nivel del agua en los pozos próximos al PNTD con periodicidad casi mensual durante los últimos tres años. Estas

medidas se han realizado principalmente en los piezómetros que el SGDGOH tiene instalados (ver anejo III). Debido a que no nos fué posible localizar todos estos piezómetros desde el comienzo de la Tesis, los hidrogramas no empiezan todos en una misma fecha.

Además se han representado los niveles en pozos correspondientes a una zona más amplia con medidas antiguas (algunas desde 1974) a partir de datos del ITGE y en menor medida del SGOP. La interpretación de la evolución de los hidrogramas estudiados se verá en detalle en el apartado 3.5.2.4.

1.4.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se hace referencia a las base teóricas y conceptos que se han utilizado para elaborar esta Tesis Doctoral. Se han definido una serie de conceptos referentes tanto a la geología, que en este caso se trata de un sistema kárstico, como a las leyes y parámetros hidráulicos que van a intervenir en el movimiento del agua en el subsuelo.

1.4.1.- Características del Karst

1.4.1.1.- **Definición de karst y factores que intervienen**

Podemos definir una formación kárstica (Custodio y Llamas, 1983. Cap. 15.6) como aquellas formaciones geológicas constituidas por rocas sedimentarias consolidadas y cuyos poros o fisuras han sido ensanchados por la acción disolvente de las aguas subterráneas, hasta formar grandes conductos y cuevas.

Entre los estudiosos del karst (Eraso,1982), las últimas tendencias de investigación y de conocimiento, apuntan a tener en consideración una serie de premisas de partida que pueden considerarse como fundamentales:

- El proceso de karstificación representa la disolución de una roca fisurada debida a la circulación del agua. Esta característica va a inferir unas propiedades particulares a los acuíferos kársticos como es, por ejemplo, el hecho de que su transmisividad además de ser direccional, evoluciona en el tiempo debido al mecanismo de disolución.

- La karstificación es el resultado de la acción de numerosos factores, que actúan simultáneamente y de manera interrelacionada. Entre los más importantes caben destacar los siguientes:

1. Factores geológicos, tanto desde un punto de vista

litológico, que va a influir en la solubilidad de las rocas, como estructural o tectónico, que condicionará la existencia de conductos preferentes de disolución.

2. Factores climáticos, que van a determinar las características termo-pluviométricas reinantes.
3. Los hidrodinámicos, que según el tipo de flujo condicionarán la disolución de las rocas.
4. Los físico - químicos determinan el proceso de disolución como tal. En función de los diferentes parámetros termodinámicos que intervengan se darán distintos equilibrios químicos, cambios de fase, etc...
5. Bioquímicos, ya que dependiendo de la acción de diversos microorganismos en relación con el medio se producirán nuevas reacciones químicas.

Custodio y Llamas (1983), citan a Mandel (1965), quien sugirió un modelo conceptual para explicar el desarrollo de los conductos kársticos que parece bastante consecuente con la teoría del flujo en los medios porosos y que parece ayudar a explicar, por su similitud, la formación de Las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana. Este modelo supone que la acción disolvente del agua es máxima en la zona inmediatamente aguas arriba de los desagües y manantiales. Esta acción disolvente diferenciada conduce a un progresivo ensanchamiento de los conductos kársticos en las zonas próximas al manantial, lo que equivale a un aumento de permeabilidad y a un consiguiente descenso piezométrico que atrae las aguas subterráneas que iban a otros manantiales próximos. Si el proceso continúa mucho tiempo, resulta que una parte de un acuífero se drenará por un único manantial.

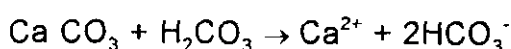
1.4.1.2.- Disolución de las calizas

A continuación se comentan de modo genérico y superficial los procesos químicos que tienen lugar en la disolución de las calizas. Como punto de partida tendremos que considerar la importancia del contenido de CO_2 . En el agua de lluvia este contenido es relativamente pequeño y sólo es suficiente para disolver unos 60 ppm de CO_3Ca , si no aumenta la cantidad de CO_2 disuelto en el agua. El contenido de CO_2 de las aguas subterráneas, después de que atraviesan un suelo vegetal, es muy superior al del agua de lluvia y puede muchas veces, ser suficiente para disolver hasta 300 a 400 ppm de CO_3Ca (Custodio y LLamas 1983).

La disolución del CO_3Ca es un ataque químico en presencia de iones ácidos. Este ataque se produce por la reacción del anhídrido carbónico puesto en solución, por la acción de distintos ácidos orgánicos procedentes de la descomposición bacteriana de la materia vegetal y, por la presencia de otros ácidos inorgánicos consecuencia de la oxidación de sulfatos, etc..

En este sistema, intervienen tres fases: una fase gaseosa que corresponde a la atmósfera y que contiene cierta proporción de CO_2 . Otra fase líquida que corresponde a la solución iónica del agua y una fase sólida, que depende de la composición de los carbonatos.

El proceso de químico de la karstificación de una forma sencilla puede explicarse con las siguientes expresiones:



El agua que se infiltra disuelve CO_2 de la atmósfera y del suelo,

produciendo ácido carbónico, que provee de iones H^+ . Los ácidos orgánicos del suelo contribuyen a aumentar la agresividad del agua. Al producirse la infiltración a favor de fisuras, este agua agresiva ataca su superficie ensanchándolas. Este proceso reduce paulativamente la agresividad del agua en su descenso gravitatorio (Freeze and Cherry, 1979).

Cuando este agua descendente con CO_2 a sobresaturación alcanza el techo de alguna cavidad y entra en contacto con el aire, se libera parte del anhídrido carbónico, precipitándose CO_3Ca , dando origen a la formación de estalactitas, estalacmitas y toda la familia de concreciones existentes (Fdez. Rubio, 1991). Cuando el agua descendente alcanza la franja de saturación, el agua subterránea, por lo general ha perdido su agresividad aunque puede tener alguna acidez residual.

1.4.2.- Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos son aquellos que condicionan el movimiento del agua en el interior del acuífero de acuerdo con la ecuación general del flujo de las aguas subterráneas. Se comentan de forma teórica cada uno de ellos, poniendo especial atención en las particularidades que ofrecen los acuíferos kársticos. Los parámetros hidráulicos que vamos a considerar son: porosidad, permeabilidad, caudal específico, transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

No se trata de reproducir aquí los conceptos básicos que aparecen en cualquier manual de hidrogeología desde hace más de medio siglo, no obstante recordamos las definiciones más clásicas tomadas distintas fuentes.

1.4.2.1.- **Porosidad y Permeabilidad**

La porosidad de una roca (UNESCO, 1992) viene expresada por la relación entre el volumen de intersticios en una muestra dada de un medio poroso, por ejemplo suelo, y el volumen bruto del medio poroso, incluidos los huecos. Se suele expresar en tanto por ciento.

A efectos de permitir el movimiento del agua a través del acuífero, tiene interés conocer la porosidad eficaz, que la UNESCO (1992) la define como la relación entre el volumen de agua que puede ser drenado por gravedad de un medio poroso inicialmente saturado y el volumen total del medio poroso.

La porosidad de una roca está condicionada por una serie de parámetros texturales tales como el tamaño, la selección, la forma, el empaquetamiento y la madurez textural y composicional.

La permeabilidad (K) se define como la facilidad con que un material deja pasar el agua a su través, y tiene las dimensiones de una velocidad (Custodio y Llamas, 1983, pag. 619).

No se puede establecer una relación directa entre porosidad y permeabilidad, ya que por ejemplo un terreno muy poroso puede tener una permeabilidad baja si sus poros son pequeños y están mal conectados, o bien tener una alta permeabilidad si los poros son grandes y están bien interconectados. La permeabilidad está en relación con la porosidad eficaz.

Existen porosidad y permeabilidad primaria y secundaria. La porosidad y la permeabilidad primarias, se refiere a estas propiedades de las rocas, después de su litificación o diagénesis. La porosidad y la permeabilidad secundarias hacen referencia a las modificaciones que se producen en estas características de las rocas como consecuencia de los esfuerzos tectónicos (diaclasas y grietas) y , especialmente a la acción disolvente de las aguas subterráneas.

Davis y De Wiest (1966) y Davis (1969) dan valores de permeabilidades primarias en calizas mesozoicas y paleozoicas que nunca llegan a 1 m/día, aunque casi siempre son superiores a 1 mm/día.

La permeabilidad primaria de ciertos tipos de calizas jóvenes tipo arrecifal, lumaquélico, de las tobas lacustres y de las calcarenitas pueden ser muy elevada, pudiendo alcanzar valores incluso superiores a 1000 m/día. De todas formas, la elevada permeabilidad original de los sedimentos puede haber sido aumentada considerablemente por los fenómenos de disolución posteriores. Estas calizas jóvenes suelen tener una porosidad inicial que según Davis (1969) va desde un 20% para calizas detríticas de grano grueso hasta un 50% para una caliza poco consolidada.

La permeabilidad de las calizas puede ser fuertemente anisótropa debido a la circulación preferente según los conductos de disolución, y con frecuencia se alude al régimen turbulento. No obstante, cuando las velocidades son inferiores a 1 cm/segundo (Custodio y Llamas 1983) y los conductos no estén bien desarrollados, puede muy bien producirse un régimen laminar (Ley de Poiseuille),

con lo cual la relación entre el gradiente hidráulico y la velocidad es lineal, como en la Ley de Darcy. Esto tiene gran interés a la hora de interpretar los ensayos de bombeo en acuíferos karsticos basándonos en las fórmulas de la ley de Darcy.

1.4.2.2.- Caudal específico

El caudal específico de un pozo se define como el cociente entre el caudal de agua bombeada (en l/s) y el descenso del nivel producido en el pozo (m)(Custodio y Llamas, 1983, pag. 649). Este parámetro da una idea del rendimiento de las captaciones y está muy relacionado con la transmisividad del acuífero, pudiéndose relacionar mediante la fórmula simplificada $T(m^2/día) = Q_e (l/s \cdot m) \cdot 100$. Existen muchas otras fórmulas similares que relacionan estos dos parámetros.

Los caudales específicos de los pozos que tenemos en nuestra zona pueden verse en la tabla 3.5.10

1.4.2.3.- Transmisividad

La transmisividad es la capacidad de un medio para transmitir agua (Custodio y Llamas, 1983, pag. 619).

Las unidades más comunes para expresar la Transmisividad son $m^2/día$, $m^2/hora$ o $m^2/segundo$.

La transmisividad T puede expresarse como el producto de la permeabilidad K por el espesor del acuífero b .

Para cuantificar este parámetro se hace mediante ensayos de bombeo en pozos. En estos ensayos se extrae agua de los pozos y se miden en distintos intervalos de tiempo tanto los caudales bombeados como los descensos del nivel del agua que experimenta el acuífero.

En nuestra zona de trabajo, Niñerola et al.,(1976), dan valores de la transmisividad entre 50 y 20.000 m²/día, en las formaciones calcáreas del Mioceno Superior, y valores que oscilan entre 0 y 500 m²/día para los niveles detríticos del Plioceno y Cuaternario.

Nosotros hemos observado valores similares a los que daba Niñerola et al. (1976) para las formaciones calcáreas miocenas, calculados a partir del inventario del ITGE y TRAGSA (ver tabla 3.5.10).

1.4.2.4.- Coeficiente de almacenamiento.

Custodio y Llamas (1983, pp. 264) lo definen como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección igual a la unidad y altura igual a la del acuífero saturado si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico o de carga hidráulica.

En el glosario de la UNESCO (1992), el coeficiente de almacenamiento se define como el volumen de agua liberado o añadido a un acuífero por unidad de superficie del acuífero y por unidad de variación de carga hidráulica.

El coeficiente de almacenamiento no tiene unidades y se representa por "S". Para acuíferos libres, como es el caso de nuestro área de estudio, el coeficiente de almacenamiento coincide con la porosidad eficaz.

Como valores indicativos de orden de magnitud de "S", para acuíferos kársticos libres, Villanueva e Iglesias (1984, pag. 23), dan los siguientes valores (según autores):

- Calizas y dolomías jurásicas: 2×10^{-2} .
- Calizas y dolomías cretácicas y terciarias: $2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$.

Según Niñerola et al (1976) y según SGOP (1982), en las formaciones calcáreas del Mioceno Superior de nuestra zona de trabajo, el coeficiente de almacenamiento (porosidad eficaz) se ha estimado entre un 1% y un 2%, siendo el valor medio de un 1,5% . De todas formas estas cifras suelen ser siempre estimaciones que no suelen corresponder a ensayos experimentales rigurosos.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACUÍFERO DE LA MANCHA OCCIDENTAL

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACUÍFERO DE LA MANCHA OCCIDENTAL

2.1.- GEOGRAFIA FISICA

2.1.1.- Situación, extensión y límites

La cuenca alta del Guadiana (hasta el embalse del Vicario) tiene una extensión de unos 16.000 km², y está situada en la submeseta meridional Castellana. Sus límites son los Montes de Toledo, Cordillera Ibérica, Campos de Montiel y la divisoria con la Cuenca de Jucar. El territorio de esta Cuenca se distribuye entre las provincias de Ciudad Real (6.760 km²), Cuenca (5.012 km²), Toledo (2.460 km²) y Albacete (1898 km²).

El denominado acuífero de la "Mancha Occidental", definido a efectos administrativos como "Unidad Hidrogeológica 04.04", antes "Acuífero 23" (ver fig. 2.1.a), se extiende ocupando una superficie de 5.500 km², y es parte fundamental de dicha cuenca. Para el SGOP (1982b), la cuenca alta del Guadiana se corresponde con la cuenca hidrográfica aguas arriba del embalse del "Vicario", situado después de la confluencia del río Bañuelo con el Guadiana.

Desde un punto de vista hidrogeológico la cuenca alta de Guadiana contiene los siguientes sistemas acuíferos: Sistema 19 (04.02 en su denominación nueva), Sierra de Altomira; Sistema 20 (04.03), Mancha de Toledo; Sistema 22 (04.07), Cuenca del río Bullaque; Sistema 23 (04.04), Llanura Manchega y Sistema 24 (04.06), Campos de Montiel (ver figura 2.1.b).

La Llanura Manchega tiene una forma casi rectangular con un eje máximo en la dirección O-E de unos 130 km y un eje mínimo (N-S) de unos 50 km. Se caracteriza por tener un relieve muy suave con pendientes del orden de 0,0015 con suaves ondulaciones. Las cotas oscilan entre 600 m en el borde SO, a unos 740 m en los afloramientos paleozoicos próximos a Villarrobledo.

El IGME (1985 a) establece unos límites para la Llanura Manchega, que de forma muy general pueden seguirse en la figura 2.1.a, y que se mencionan a continuación: al norte, de oeste a este, las sierras de Malagón, Calderina y la Cueva (Montes de Toledo), Puerto Lápice y Monte Navajo, los afloramientos paleozoicos de Alcazar de San Juan, las estribaciones de la Sierra de Altomira, los pueblos de Las Pedroñeras y San Clemente y Casas Novas. Al este la divisoria hidrográfica del río Júcar. Al sur el borde norte del Campos de Montiel, Los Aguazaderos, Sierra Prieta, los montes situados al norte de Valdepeñas, Sierra Pillada, depresión de Almagro, Montes Ballesteros de Calatrava y Sierra de Perabas. El límite oeste viene determinado por la Sierra de Majedos, montes próximos a Picón, Sierra Cazalobos y Sierra Malagón.

Administrativamente un 80% de la superficie del acuífero corresponde a la provincia de Ciudad Real, un 10% a la de Albacete y el otro 10% a Cuenca.

2.1.2.- Geología

2.1.2.1.- **Introducción**

La Llanura Manchega, corresponde a una depresión morfoestructural situada entre las unidades de los Montes de Toledo al norte, Campos de Calatrava al oeste y Sierra Morena Oriental al sur.

El zócalo y los bordes de esta depresión lo constituyen materiales paleozóicos y mesozóicos, quedando la zona occidental representada por pizarras, cuarcitas, areniscas y yesos; y por calizas, dolomitas, margas y arenas, la zona central y oriental de la misma depresión (ver figura 2.1.c).

El relleno se hace con materiales continentales del Mioceno, que a su vez está recubierta parcialmente por sedimentos detríticos del Pliocuatrnario y Cuaternario. En la figura 2.1.d se representa un corte geológico esquemático de la Llanura Manchega.

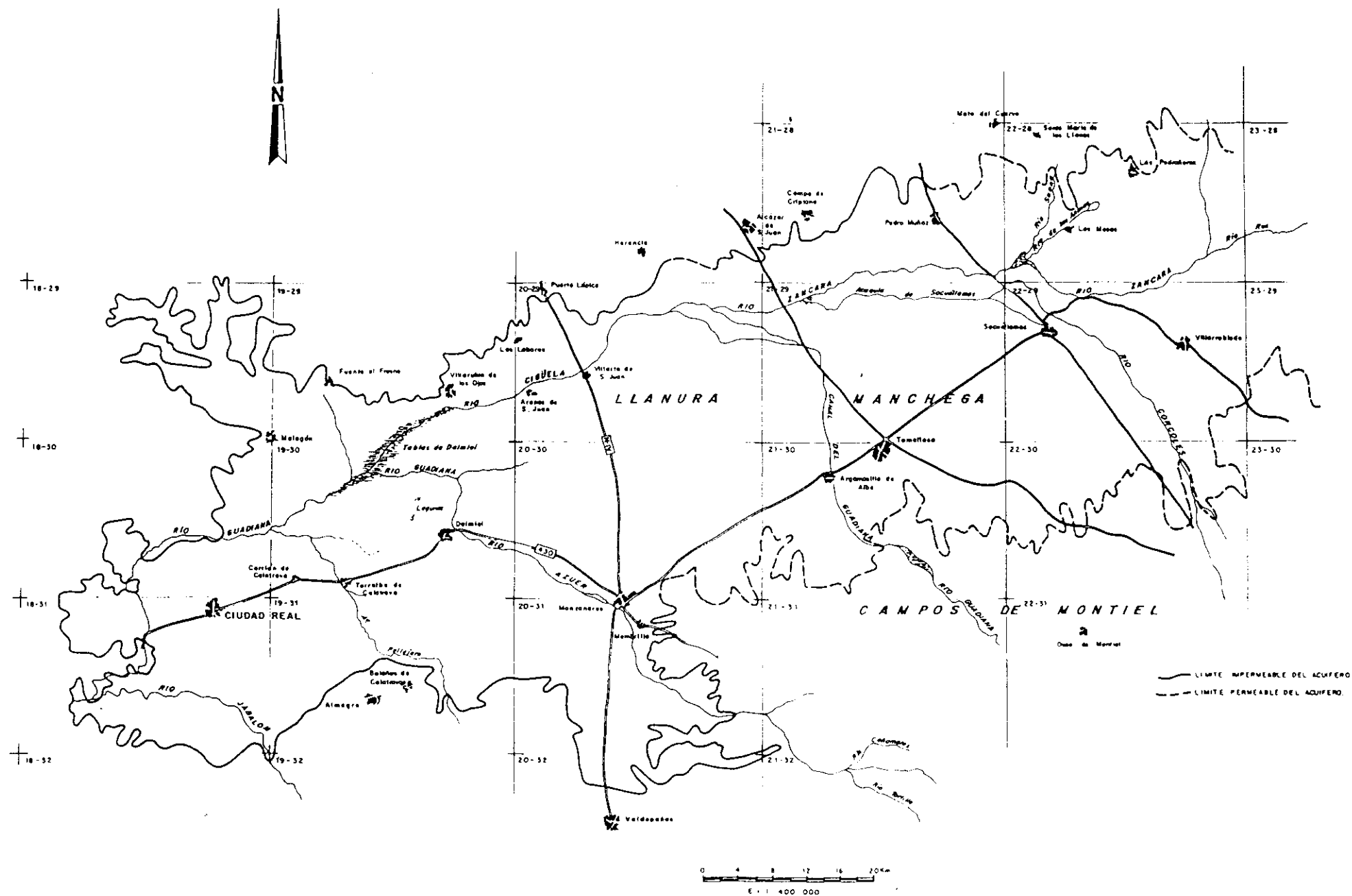


Fig. 2.1.a.- Extensión y límites del acuífero de la Llanura Manchega (Según SGOP)

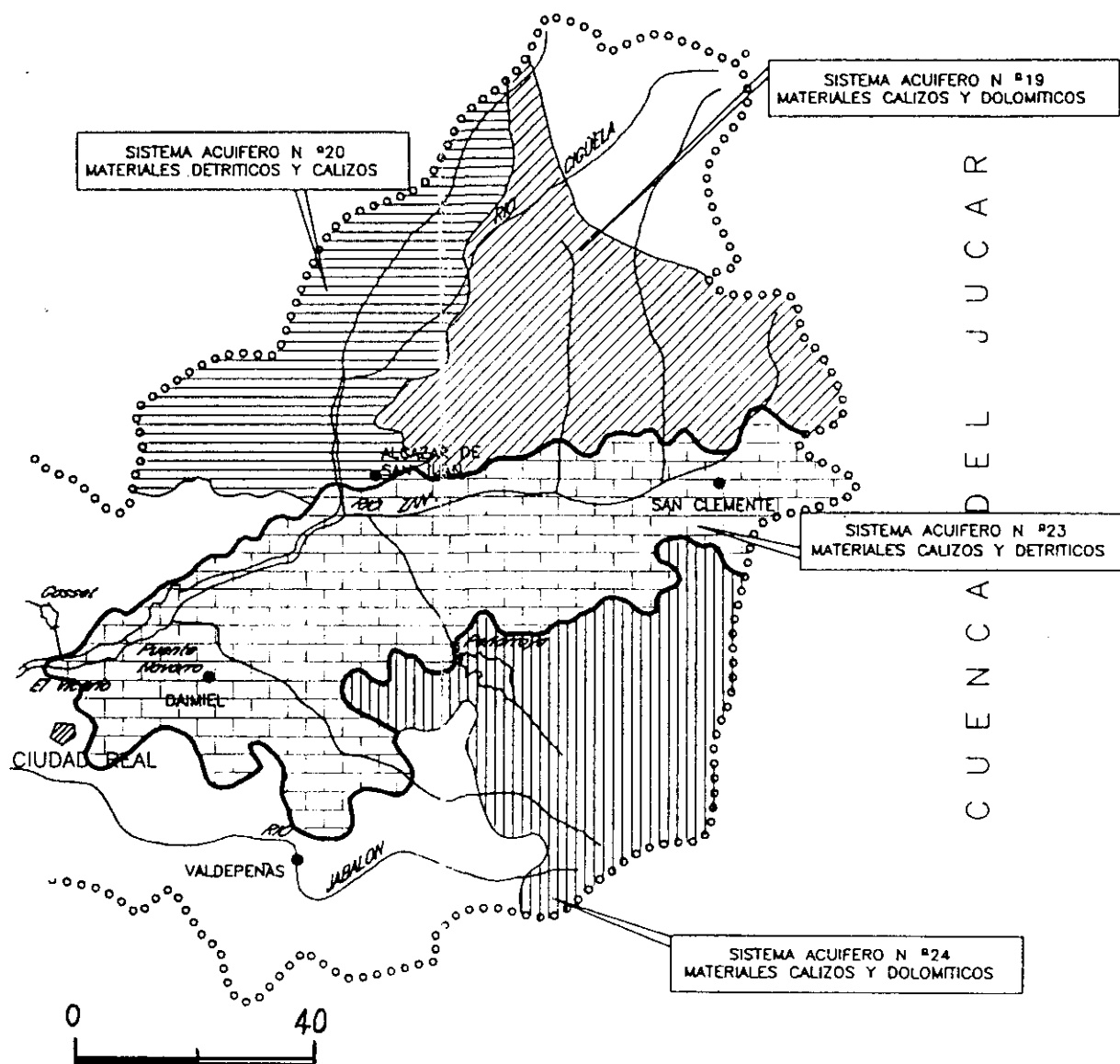


Fig. 2.1.b.- Unidades hidrogeológicas de la Cuenca Alta del Guadiana (Según ITGE, 1989)

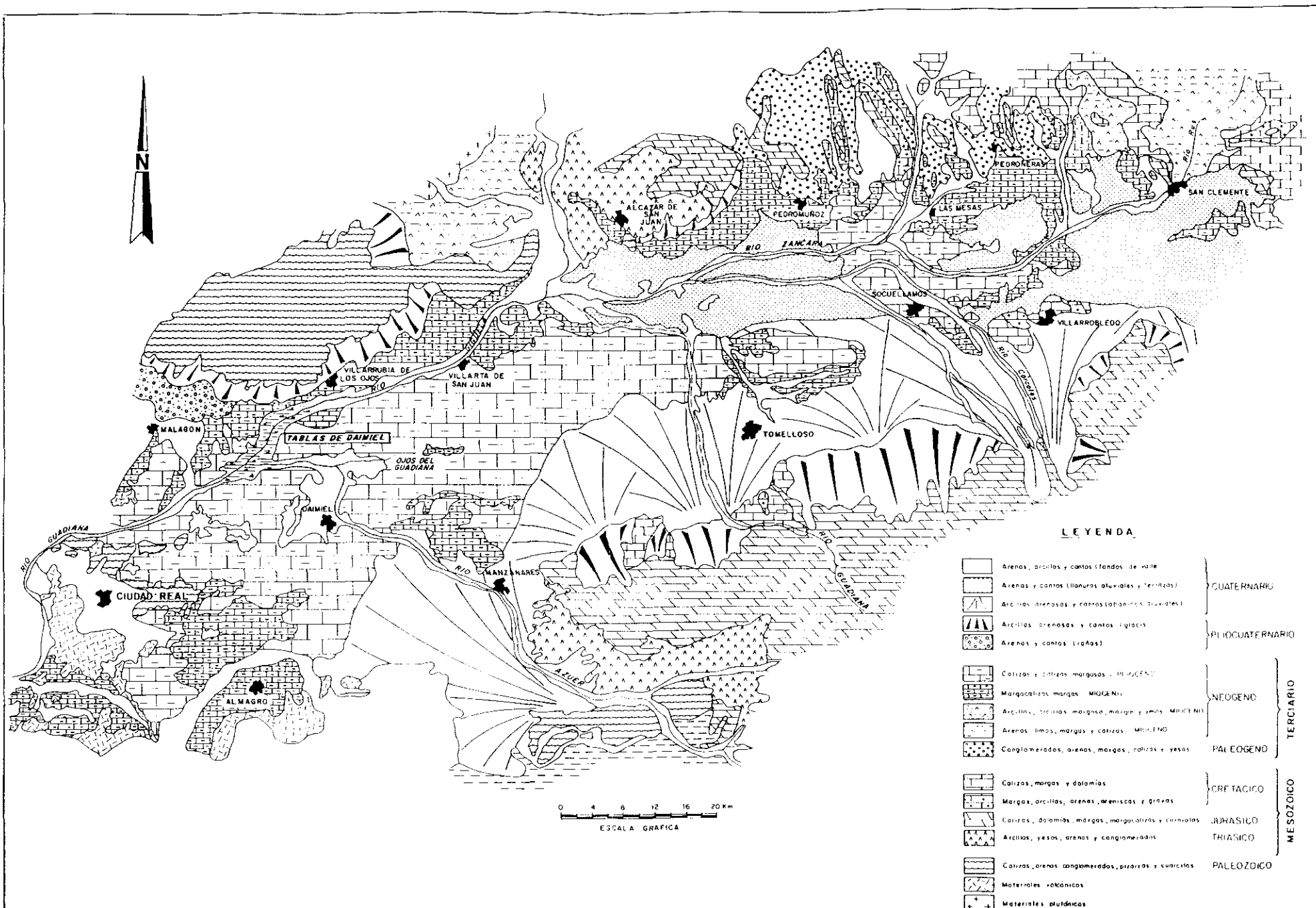


Fig. 2.1.c.- Esquema geológico de la Llanura Manchega (Según Bustamante, 1986)

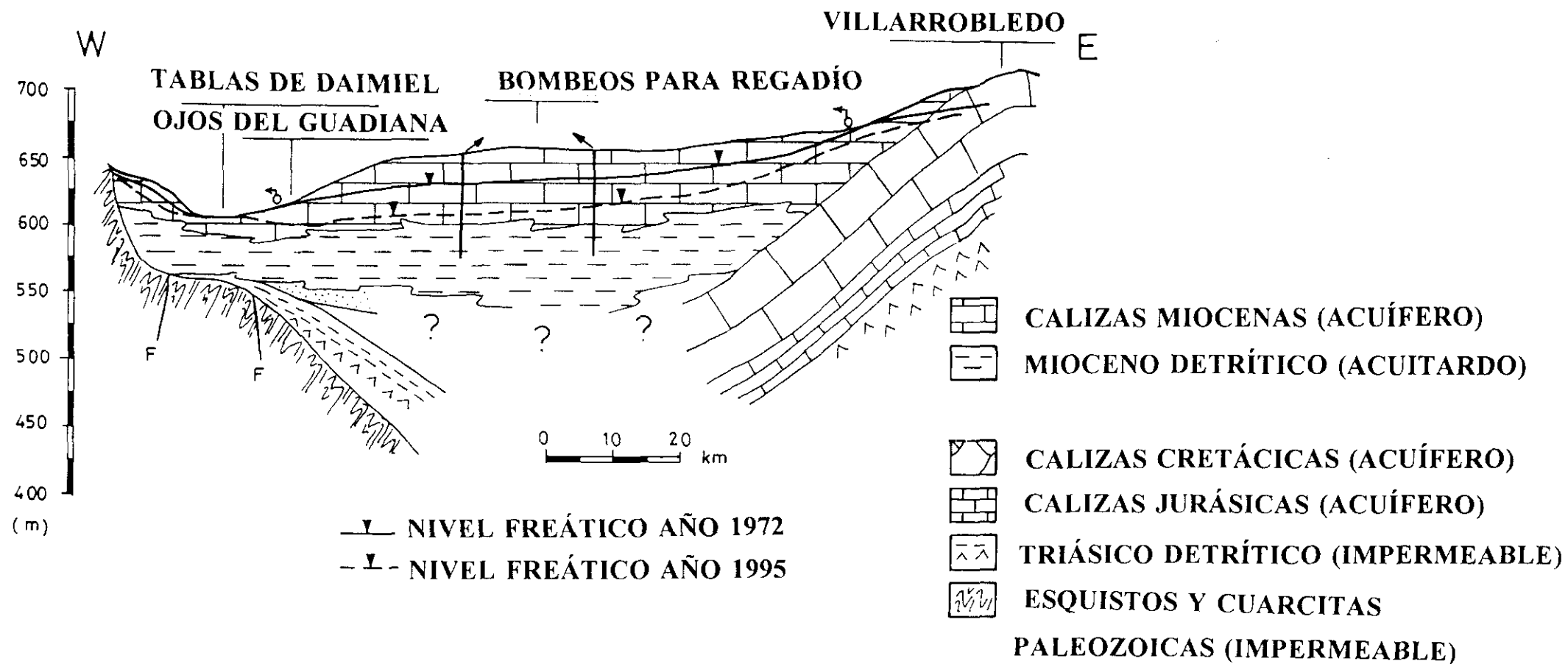


Fig. 2.1.d.- Corte geológico esquemático de la Llanura Manchega

2.1.2.2.- **Estratigrafía**

i.- Materiales paleozóicos.

Están constituidos por cuarcitas con intercalaciones de areniscas, pizarras y grauvacas, afectadas por los plegamientos hercínicos. Estos pliegues aparecen formando estructuras sinclinales y anticlinales con orientación predominante E-W y con una fracturación de dirección NW-SE y E-W y NE-SW y N-S (IGME, 1985 b). La permeabilidad de estos materiales es muy baja, actuando como límite inferior impermeable del acuífero de la Mancha Occidental.

1.- Ordovícico.

Los materiales ordovícicos se inician con un paquete de cuarcitas masivas (60-100 m), que se apoyan concordantemente sobre la discordancia que refleja la transición, no muy bien definida, entre el Cámbrico y el Ordovícico. Sobre este paquete aparece una alternancia de cuarcitas más arenosas y pizarras moscovíticas (IGME, 1982), con una potencia máxima de 20 m. En este tramo Bouxy (1970) definió "Cruziana Goldfussi" y "Cruziana Furcifera". Encima encontramos cuarcitas masivas, que se hacen tableadas y pizarrosas hacia su parte superior. La potencia total de los paquetes de cuarcita es de unos 300 m, y quedan incluidos en el Arenigiense.

La transición entre Arenigiense-Llandeliense se hace por medio de un tramo de pizarras arenosas.

El Llandeliense se caracteriza por pizarras verdosas de grano fino muy fosilíferas. Se han encontrado "Calymene Tristani", "Dalmanella Testudinaria", "Illaenus Hispaniens" (IGME, 1982). Concordantemente sobre estos materiales encontramos cuarcitas con crucianas, que marcan la transición Llandeliense - Caradociense. Encima de este tramo aparece una dolomía silicea asociada a facies arrecifal.

El Ashigiliense está representado por pizarras azoicas.

2.- Silúrico

Los materiales más importantes lo constituyen las denominadas "cuarcitas de criadero". Se trata de cuarcitas arenosas blancas, con muchos óxidos de hierro y muy tectonizadas. Su potencia es de unos 50 m. Encima existe una formación de pizarras con graptolites pertenecientes al Llandoveryense. A techo de las "cuarcitas de criadero", aparece una formación que corresponde a vulcanismo submarino.

Los últimos episodios del Silurico están representados por esquistos grises-amarillentos y areniscas cuarcitosas (IGME, 1982).

ii.- Materiales mesozóicos

Son discordantes con los materiales del Paleozóico infrayacentes y comprenden los siguientes términos:

1.- Materiales del Triásico

Lo forman margas multicolores con intercalaciones de sales que contienen yesos hacia techo. Las margas alternan con areniscas silíceas, donde se observa estratificación cruzada.

En los depósitos triásicos están perfectamente representados el Buntsandstein y el Keuper. Los tramos calcáreos del Muschelkalk no se han llegado a identificar. La potencia total oscila entre 135 y 175 m (Bustamante, 1986). En conjunto, los materiales triásicos se encuentran fosilizando el paleorrelieve paleozoico, con una potencia variable que puede llegar hasta los 300 m (ITGE, 1989).

2.- Materiales del Jurásico

El primer tramo está representado por carniolas y dolomías con una potencia de 70-120 m. Le siguen unas dolomías y arcillas de unos 100 m de espesor, y sobre estas se apoyan unas calizas con crioides con 25-30 m. La serie finaliza con calizas oolíticas y con crinoides de 50 - 100 m de potencia. Estas calizas se prolongan desde el borde nororiental de la Llanura Manchega por debajo de la serie terciaria (ITGE, 1985) hasta la mitad oriental del sistema acuífero. Aflora en el borde nororiental de La Solana, en el borde del Campo de Criptana y en se flanco norte del Campo de Montiel (ITGE, 1989).

3.- Materiales del Cretácico

Están muy poco representadas en la zona. Según Pérez González (1981), la base está formada por un tramo de margas y arenas (posible facies Weald), y por arcillas y arenas típica de la facies Utrillas. La potencia de estos materiales varía desde pocos metros hasta más de 50 m (ITGE, 1989). Encima de estos tramos aparecen calizas detríticas que pueden estar dolomitizadas, seguidas de margas arcillosas-arenosas y calizas duras con algún nivel margoso intercalado por encima. La potencia de los materiales cretácicos aumenta hacia el este, variando desde unos 100 a 400 m. Los afloramientos cretácicos interiores al sistema acuífero de la Llanura Manchega se localizan en zonas aisladas al noroeste de Manzanares, alrededor de Villarrobledo y las estribaciones de la Sierra de Altomira.

iii.- Materiales terciarios

Son depósitos discordantes sobre los sedimentos del Mesozoico. Incluyen materiales del Paleógeno, Neógeno y rocas volcánicas muy localmente. Su distribución a grandes rasgos puede seguirse en la figura 2.1.c.

1.- Paleógeno

Son conglomerados y areniscas con intercalaciones de calizas y arcillas limosas. Su potencia varía entre 150 y 200 mts.

2.- Neógeno

Está compuesto básicamente por margas y calizas margosas del Mioceno y Plioceno.

Presenta fenómenos de karstificación alta, lo que confiere una alta permeabilidad al terreno que hace que en su conjunto sea el acuífero más importante de la Mancha Occidental, conocido también como "Unidad Hidrogeológica Terciaria Superior".

Es el trabajo de Pérez González (1981), el que tiene mayor interés para el conocimiento de la estratigrafía, evolución sedimentaria tectónica y morfología del Neógeno y Cuaternario de la Llanura Manchega en general. En este trabajo puede verse una recopilación exhaustiva de los informes y datos sobre la geología de esta zona.

2.1.- Mioceno

Se inicia con unos niveles de conglomerados de cuarcitas y pizarras de matriz areno-arcillosa. Su potencia oscila entre 0 y 225 m. Encima se encuentran series detríticas arcillosas arenosas de 10-90 m. A continuación aparecen yesos entre 10 y 30 m de potencia. Sobre estas series detríticas, hay un tramo calcáreo que puede subdividirse en dos (IGME, 1985 b). El primero es fundamentalmente margoso y está indentado con los yesos infrayacentes. El segundo tramo es más calcáreo, está muy karstificado y constituye el acuífero principal de la Llanura Manchega. En estos tramos son muy frecuentes los cambios laterales de facies. La potencia total del tramo calcáreo es muy variable hasta un máximo de 100 m.

2.2.- Plioceno - Pliocuaternalio

Están representados por dos tramos (IGME, 1985 b); uno corresponde a materiales detríticos formados por arenas, limos y yesos, con una potencia de hasta unos 200 m, y el otro tramo lo forman las rañas (pliocuaternalio), constituidas por cantos rodados de cuarcita y matriz arcillosa (hasta 10 m de potencia).

Los materiales detríticos de tipo raña se localizan principalmente en el Noroeste de la cuenca. Los bordes Sureste y Noreste están representados por depósitos tipo glacis. Los materiales pliocenos tienen abundantes cambios laterales de facies y están ampliamente representados en nuestra zona de estudio como se verá en el capítulo 3.2.

iii.- Cuaternalio

Son sedimentos detríticos compuestos por gravas, arenas y limos que cubren gran número de formaciones en la Llanura Manchega. Generalmente tienen espesores reducidos y corresponden a depósitos de terraza, abanicos aluviales y sedimentos de origen eólico.

iiii.- Rocas plutónicas y volcánicas

Las rocas plutónicas corresponden a granitos (Aparicio et al., 1977) y a pórfidos cuarcíferos.

Las rocas volcánicas se localizan en su mayoría en la zona de Campo de Calatrava. En la región existen tres tipos de volcanes; homogéneos, estrombolianos y vulcanianos. Las rocas volcánicas más abundantes son los basaltos (Ancochea, E., 1983).

2.1.2.3.- Historia geológica

El registro geológico de la Llanura Manchega disponible incluye desde el Paleozoico hasta la actualidad. Para hacer más fácil la lectura de este apartado , hemos dividido la historia geológica en: antigua (Paleozoico), media (Mesozoico) y moderna (Cenozoico).

i.- Historia antigua

La documentación existente sobre la historia geológica en esta zona data desde el comienzo del Paleozoico. Durante el Ordovícico (Tremadociense y Arenigiense) se produce la sedimentación de un ciclo que a grandes rasgos puede considerarse transgresivo (Hamman et al., 1982; Gutiérrez Marco et al., 1984; Portero y Dabrio, 1988; Díez Balda y Vegas, 1992). La sedimentación se produce en una plataforma somera subsidente, con depósito de materiales que corresponden a llanura mareal y barras litorales. Regionalmente se observa una discordancia angular entre los materiales ordovícicos y cámbrico - ordovícicos anteriores, atribuida según Bouyx (1970), a los movimientos sárdicos.

A partir del Arenigiense y durante el resto del Ordovícico, se suceden una serie de ciclos o megasecuencias de carácter regresivo. El límite entre los ciclos es bastante neto y presentan una somerización paulatina. Durante el Ordovícico medio y superior existe una actividad volcánica con emisión de productos básicos. A techo de los materiales ordovícicos aparece la Cuarcita Armonicana.

Durante el Ordovícico superior y Silúrico tiene lugar una sedimentación en ambiente de plataforma abierta, que evoluciona paulatinamente hacia ambientes más someros. En la transición Durante el Silurico-Devónico continúa la actividad volcánica.

Los efectos tectónicos cobran su importancia a partir de la orogenia hercínica, que tiene lugar en el Carbonífero (entre el Dinantiense - Namuriense

y Estefaniense), dando lugar a las grandes estructuras regionales. Según Ortega et al., (1988) la primera fase hercínica debió ser de dirección NE-SW aproximadamente, generando pliegues flexurales verticales. Un segundo evento tectónico modificó las deformaciones previas (Roiz, 1979; Díez Balda et al., 1992) con un movimiento de cizalla subvertical de dirección N70-13E y sentido de desplazamiento senestro.

Esta tectónica produjo una deformación de los materiales paleozoicos pero sin metamorfismo en ellos. Las principales estructuras hercínicas que encontramos en la zona más occidental de la Llanura Manchega, corresponden a una serie de domos separados por zonas sinclinales, con una morfología que se aproxima al modelo de cartón de huevos (Julivert et al. 1983). El ciclo orogénico hercínico se ve cerrado por la intrusión de rocas plutónicas graníticas (Aparicio et al. 1977, Capdevila et al., 1973) y granodioríticas, y por la fracturación tardihercínica.

En Rincón, P.(1995) se hace una recopilación de todos los trabajos existentes y se describe en detalle el proceso de la deformación hercínica y alpina en la región nor-oriental del Campo de Calatrava, en el límite W-SE de la Llanura Manchega.

ii.- Historia media

La historia geológica de la Llanura Manchega durante el Mesozoico, comienza con la reactivación de las fracturas tardihercínicas en un régimen distensivo, que originan una serie de fosas que se van rellenando progresivamente con los sedimentos procedentes de los abanicos aluviales y de los depósitos fluviales permotriásicos (facies Bunt). Estos sedimentos evolucionan a facies Muschelkalk y finalmente a shebkas litorales (facies Keuper).

Durante el Triásico superior y Jurásico inferior continúa la invasión marina, originando una plataforma carbonatada somera. No se tiene registro geológico del

Lias superior, Dogger y Malm. Tras una fase de desmantelamiento parcial del Jurásico, se depositan materiales continentales cretácicos correspondientes a la Formación Utrillas. El Cretácico superior se caracteriza por la instalación de una plataforma carbonatada somera con desarrollo de arrecifes con Rudistas (IGME, 1988).

Por sondeos mecánicos y datos geofísicos (Antón, 1975 y CGS-INTECSA, 1975) se conoce la existencia de las areniscas triásicas en las proximidades de Daimiel. Los afloramientos permotriásicos y Jurásicos más occidentales se sitúan en la zona de Manzanares - Alcázar de San Juan. El Cretácico superior llega a aparecer en el borde occidental de la hoja de Llanos del Caudillo.

iii.- Historia reciente

1.- Paleógeno - Mioceno medio

Durante el Paleógeno y el Mioceno inferior, se produjo una gran alteración química favorecida por un clima tropical, que afectó a los materiales pizarrosos paleozoicos. La sedimentación durante este periodo puede correlacionarse con dos ciclos sedimentarios de relleno continental. Así, las cuarcitas que aparecen entre Villarta de San Juan y Puerto Lápice, puede corresponderse con la unidad detrítica inferior del ciclo Eoceno-Oligoceno superior (primer ciclo), mientras que la sedimentación que genera la superficie superior de Campo de Montiel, correspondería al segundo ciclo, correspondiente al Oligoceno superior - Mioceno inferior (Perez González, 1981).

Las fases alpinas principales que afectaron a esta zona, por similitud con las que afectaron a los sistemas Ibérico y Prebético, pueden situarse entre el Oligoceno superior y límite del Mioceno inferior - medio. Estas fases son las causantes de las principales fracturas y estructuras plegadas reconocibles en el Triásico y Jurásico.

2.- Mioceno medio - Plioceno

Durante el Mioceno superior continúan los procesos distensivos. Se produce la deformación de las superficies de erosión formadas, y se generan cuencas sedimentarias continentales por reactivación de fallas profundas del zócalo, tales como la del Júcar, y otras menores como la de Daimiel, Villarta de San Juan y Ciudad Real, que se rellenan durante el Mioceno superior y Plioceno (IGME, 1985 b).

Los rellenos pliocenos de estas cuencas menores, tienen lugar mediante abanicos aluviales y facies fluviales que evolucionaron en el tiempo a facies lagunares y lacustres de carácter expansivo.

La apertura de la cuenca manchega tiene lugar durante la denominada fase Iberomancha 1, en el límite entre el Plioceno inferior y el Plioceno superior. Durante esta fase, los ambientes lacustres tienen una retracción local, precedida por la deformación de los materiales del Plioceno inferior. La sedimentación se extiende durante el Plioceno superior a toda la Llanura Manchega y a las cubetas de los Campos de Calatrava. Se originan abanicos aluviales de pequeño tamaño con dominio de las facies fluvio lacustres, lagunares y lacustres que colmatan las depresiones.

Durante la fase tectónica Iberomanchega 2, se produce la ondulación regional de los sedimentos y continúa la actividad volcánica en el Campo de Calatrava. Tras esta fase tectónica se forma la superficie de erosión - acumulación S_1 (Molina, 1975), que presenta procesos de karstificación importantes. Los movimientos tectónicos en la cuenca continúan, y durante el Plioceno superior se produce el basculamiento hacia el oeste y suroeste de la Meseta, dando lugar a la apertura exorreica de las Cuencas.

En el límite plio-pleistoceno y en relación con el final del basculamiento, se instala una nueva superficie de erosión S_2 (Molina, 1974 y 1975) sobre la que se

desarrollan suelos rojos y costras calcáreas pleistocenas y más recientes.

3.- Pleistoceno

Durante el Pleistoceno se produce el encajamiento de la red fluvial y continúan las erupciones volcánicas. Ancoechea (1983) explica el vulcanismo de Campo de Calatrava por la existencia de un punto caliente asociado a procesos de elevación cortical y posiblemente a un rifting abortado.

La sedimentación durante el pleistoceno se caracteriza por la formación de numerosos abanicos aluviales, formados por cantos cuarcíticos y arenas en los bordes noroeste y suroeste, y abanicos de composición limo arcillosos al pie de Campo de Montiel. Según Pérez González (1981), la expansión del endorreísmo en la Llanura Manchega coincide con la transformación de la red fluvial del Guadiana en una red residual que tiene lugar durante el pleistoceno superior (Pérez González, 1981).

2.1.3.- Clima

El clima de la Mancha pertenece al grupo de los climas mediterráneos, caracterizados por tener una marcada estacionalidad, con inviernos fríos y veranos cálidos. Las temperaturas medias anuales en esta región están en torno a los 15°C, siendo diciembre y julio los meses más extremos con máximas de 46°C y mínimas de -19°C (Niñerola et al., 1976).

La precipitación media anual de la cuenca es de 400-450 mm y la evapotranspiración potencial es del orden de 850 mm/año (Thornthwaite), con valores medios mensuales máximos en verano, en que se produce más del 50% de la cifra anual.

En Strahler (1988, pp 246) se muestra cómo, según la clasificación de Köppen, la mayor parte de la superficie corresponde a un clima mediterráneo del tipo "Csa". Este clima se caracteriza por tener un invierno húmedo y un verano muy seco, que es el resultado de la alternancia estacional de las condiciones que originan los climas "desértico de costas occidentales" (15°-30° latitud N y S) y el "tropical húmedo seco" (5°-25° latitud N y S).

La situación interior que tiene La Mancha en la Península y el hecho de estar rodeada por cadenas montañosas, hacen que la influencia del Atlántico y del Mediterráneo sean reducidas. La zona oeste de Ciudad Real es la que tiene una mayor influencia Atlántica, con precipitaciones otoñales y primaverales con máximos mensuales en noviembre.

Según Thornthwaite la mayor parte de la Llanura Manchega tiene un déficit anual superior a los 400 mm, por lo que se puede clasificar la zona como "semiárida". Hacia los bordes montañosos las precipitaciones aumentan y las temperaturas se hacen más frías, pudiéndose definir como zonas de clima húmedo.

El análisis de las precipitaciones que nosotros hemos hecho para esta región, se ha realizado a partir de los datos facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología de la estación de Ciudad Real (Instituto). La elección de esta estación se ha hecho por tener una serie de años de precipitaciones bastante completa y estar muy cercana a nuestra zona de estudio. Su situación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 38° 59' N
- Longitud: 03° 55' W
- Altitud: 627,8 m.

En la localidad de Daimiel el I.N.M. tiene una estación que comprende la serie de años 1946-1991. En este trabajo hemos optado por no utilizar estos datos, pues la serie tenía varios años muy incompletos y algunos faltaban enteros.

2.1.3.1.- Pluviometría

La pluviometría media anual en la estación de Ciudad Real Instituto (datos I.N.M) de los años civiles (entre el 1 de enero y 31 de diciembre) de la serie 1905-1993, es de 407,8 mm y de 412,3 mm para los años hidrológicos (entre el 1 de octubre y el 30 de septiembre de la serie 1904/5- 1992/3). Esta diferencia de 4,5 mm parece algo alta para una serie de tantos años, y probablemente se trata de algún error del registro original de datos. Los valores incompletos del listado original de la serie estudiada, se han obtenido de la siguiente manera: 1/ los meses que faltaban del año 1937 (año medio), han sido completados con los valores medios mensuales correspondiente a los años medios. 2/ los meses que faltaban de los años 1938 y 1939 (años secos) se han completado con las medias mensuales de los meses de los años secos.

Los valores anuales y su representación gráfica pueden verse en la tabla 2.1.1 y figura 2.1.e.

El estudio de las precipitaciones en dicha estación da valores de precipitaciones totales, que varían entre 191,2 mm en el año 1937/8 y 820,9 mm en el año 1968/9, dando una oscilación o recorrido de 629,7 mm.

El mes con mayor precipitación de toda la serie es enero de 1970, con un valor de 177,4 mm. La media mensual de toda la serie más elevada, corresponde al mes de noviembre con una precipitación de 47,21 mm y la mínima al mes de julio con 5,14 mm, donde durante 45 años no se registra ni una sola gota de lluvia.

A efectos de este trabajo hemos considerado como años húmedos y secos, aquellos de valores de precipitaciones anuales, mayores o menores del 15 % respectivamente respecto del valor medio (412,3). Según esto, basándonos en los datos de la estación Ciudad Real Instituto, podemos establecer que para nuestra zona de trabajo, los años húmedos serán todos aquellos con precipitación anuales mayores de 474,1 mm; los años secos tendrán precipitaciones menores de 350,5 mm y los años medios tendrán precipitaciones comprendidas entre 350,5 y 474,1 mm.

Del total de 89 años hidrológicos, hay 17 años húmedos (que representan un 19,1%), 44 medios (49,4 %) 28 secos (31,4 %). Se comprueba también en este caso que las secuencias secas son más frecuentes que las húmedas, aunque estos se desvían más de la media. En resumen la mediana es siempre menor que la media.

Para delimitar las secuencias húmedas y secas del periodo 1904/5 y 1992/3, se ha representado un gráfico de desviaciones acumuladas de la precipitación respecto a su valor medio (fig 2.1.f). En este gráfico, a grandes rasgos se pueden distinguir los siguientes periodos:

1/ Periodos secos: 1904/5 - 1938/9 (35 años) y 1979/80 - 1992/93
(13 años y continúa).

2/ Periodos húmedos: 1958/9 - 1978/9 (20 años).

3/ Periodo medio: 1939/40-1957/8 (18 años).

2.1.3.2.- **Evapotranspiración**

La evapotranspiración es un término que se aplica sólo a un área de terreno cubierto por vegetación, ya que de lo contrario se trataría de evaporación. Custodio y Llamas (1988, pp. 323) definen este término como el resultado del proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a estado gaseoso, y directamente o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor.

En condiciones naturales es muy difícil la existencia aisladamente la transpiración, y por ello el concepto de evapotranspiración aúna ambos fenómenos.

La proporción de evapotranspiración se reduce a medida que disminuye la humedad del suelo durante la estación seca. Cuanto menor es la humedad que queda en el suelo, más lenta es la pérdida por evapotranspiración. Hay dos conceptos para expresar la evapotranspiración: evapotranspiración potencial y evapotranspiración real.

i.-Evapotranspiración potencial

Es la máxima pérdida de agua posible bajo condiciones dadas de cobertura vegetal y factores climáticos, suponiendo que podemos suministrar al suelo mediante irrigación, todo el agua que las plantas puedan consumir y los poros del suelo puedan albelgar. (Strahler, 1988).

Este proceso depende de los factores climáticos particulares de cada zona. Existen numerosas fórmulas para su cálculo, basadas todas ellas en datos que se obtienen de las estaciones meteorológicas.

En el observatorio de Ciudad Real (Granja Agrícola), situado con latitud 38° 59' N; longitud 00° 15' W y altitud 628 m, Almarza (1984) realiza el balance hídrico de la serie 1941-1970 obteniendo los siguientes resultados:

- Temperatura media anual: 13,4°C.
- Evapotranspiración potencial (Thornthwaite): 746 mm.
- Precipitación: 442 mm.

Este valor de la precipitación (442 mm) es algo diferente del que nosotros hemos obtenido en el análisis de la serie 1904-1993 (421 mm). Esto es lógico, si tenemos en cuenta que Almarza se ha considerado una serie temporal más corta (1941 - 70) y que de acuerdo con la figura 2.1.f. corresponde a una secuencia predominantemente húmeda.

La evapotranspiración potencial mensual que se refleja en la ficha hídrica, se obtiene según Thornthwaite, introduciendo la duración de la insolación mediante la latitud de cada estación. Viene dada por la expresión:

$$ETP = N/12 * d/30 * d * E$$

N = Número máximo de horas de sol según latitud. Está tabulado.

d = Días del mes.

E = ETP media en mm/día. Está tabulado en base a la t^a e I.

$i = (t/5)^{1.514}$. Está tabulado.

$I = \sum i$

A partir de los datos proporcionados por el I.N.M. de la estación de Ciudad Real Instituto para el periodo de años 1990/1 - 1992/3 (ver tablas 2.1.2 y 2.1.3),

hemos calculado la ETP (Thornthwaite) mensual (ver tabla 2.1.4). La ETP anual, por ese método da un valor de 813,54 mm. El hecho de que este valor sea algo mayor que el calculado por Almarza (746 mm para la serie 1941-1970), se debe a la mayor temperatura media que tienen los tres años que hemos estudiado (14,8° C frente a 13,4°C).

ii.- Evapotranspiración real

Es la cantidad de evapotranspiración real u observada. Disminuye proporcionalmente a medida que se agota la humedad del suelo (Strahler, 1988).

Para calcular la evapotranspiración real hay que tener en cuenta la capacidad de retención del suelo. Esta capacidad de almacenamiento es difícil de controlar debido a la variabilidad de texturas que presentan los suelos. Almarza (1984), ha elaborado las fichas hídricas normalizadas en la red de estaciones termopluviométricas del INM, con reservas máximas de humedad del suelo de 75, 100 y 150 mm.

Para la estación meteorológica de Ciudad Real (Granja Agrícola), Almarza (1984) estima con distintas reservas máximas de saturación (máxima cantidad de agua que puede almacenarse en el terreno), los siguientes valores de evapotranspiración real:

- 1/ Con reserva de 75 mm: 357 mm.
- 2/ Con reserva de 100 mm: 382 mm.
- 3/ Con reserva de 150 mm: 432 mm.

La precipitación media anual en el periodo considerado es de 442 mm y la temperatura media anual de 13,4°C.

Como los valores de evapotranspiración real son muy variables, Almarza (1984) incluye también los resultados calculados por las fórmulas de Turc y

Coutagne, donde la evapotranspiración real se calcula en función de la precipitación anual y de la temperatura media anual. Ambos métodos dan la evaporación real en función exclusivamente de la precipitación media anual y de la temperatura media anual.

$$\text{ETR (Coutagne)} = P - XP^2$$

P = Precipitación media anual (m/año).

$$X = 1/0,8 + 0,14 t$$

t = Temperatura media anual en °C.

$$\text{ETR (Turc)} = P/\sqrt{0,9 + P^2/L^2}$$

P = Precipitación media anual en mm/año.

$$L = 300 + 25 t + 0,05 t^2$$

t = Temperatura en °C.

Almarza (1984), obtiene los siguientes valores:

1/ ETR por Turc: 375 mm.

2/ ETR por Coutagne: 369 mm.

Con objeto de dar cierta idea de la evolución que tiene el agua en el suelo en el transcurso de un año meteorológico "normal", vale la pena transcribir las fechas que calcula Almarza (1984) para la estación de Ciudad Real (Granja agrícola): 1/ el 27 de octubre comienza a constituirse la reserva de agua en el suelo; 2/ la reserva de saturación se alcanza para 75 mm el 12 enero, para 100 mm el 2 de febrero y para 150 mm el 28 de marzo; 3/ el 20 de abril comienza a disminuir la reserva y 4/ el agotamiento de la reserva de saturación para de 75 mm es el 16 de junio, para 100 mm el 24 de junio y para 150 mm el 7 de junio.

Con los datos del I.N.M. de la estación de Ciudad Real (Instituto), para los

años 1990/91 - 1992/3, hemos elaborado un balance hídrico por Thornthwaite, suponiendo una reserva de humedad del suelo de 50 y 75 mm (ver tablas 2.1.5 y 2.1.6). Los resultados de evapotranspiración real que hemos obtenido han sido:

1/ Con reserva de 50 mm: 363,6 mm.

2/ Con reserva de 75 mm: 367,1 mm.

Estos valores son sensiblemente inferiores a los que obtenía Almarza para el periodo 1941-1970, hecho que parecer razonable si tenemos en cuenta que la precipitación en los tres años que hemos analizado es también algo menor (367 mm frente a 442 mm que daba Almarza).

La reserva teórica y real máxima obtenida en los balances con reserva de 50 y 75 mm, se obtiene en el mes de febrero, agotándose en el mes de mayo. Como la reserva teórica máxima no pasaba de los 53,46 mm, no hemos realizado el balance para una reserva de saturación mayor de 75 mm.

En la tabla 2.1.7 se resumen los valores mensuales de precipitación, ETP, ETR, deficit y exceso de agua para una reserva de saturación de 50 mm.

Los valores medios anuales calculados de la serie 1990/91-1992/3 son:

- Temperatura: 14,7°C.
- Precipitación: 367,1 mm.
- ETP (Thornthwait): 813,5 mm.
- ETR (Thornthwait): 363,64 mm.

A modo de resumen, al comparar estos valores con los dados por Almarza (1984) para el periodo 1941-70, observamos que en el periodo 1990/1 - 1992/93, la temperatura es sensiblemente mayor y la precipitación algo menor, por tanto la ETP y ETR serán mayores en los últimos años, tal como confirma el balance realizado.

2.1.3.3.- Evaporación

En un suelo sin vegetación, la evaporación tiene lugar en la capa más superficial. Durante este proceso, a medida que la humedad va disminuyendo, se produce un ascenso del agua por capilaridad hacia la superficie, que dura hasta que este agua capilar se agota o hasta que la permeabilidad no saturada hace que el flujo ascendente de agua sea despreciable. En relación con las aguas subterráneas, si el nivel freático está muy próximo a un suelo saturado, la evaporación tendrá un valor cercano al de una superficie de agua libre bajo las mismas condiciones ambientales (Custodio y Llamas, 1984, pp. 315).

A efecto de dar unos órdenes de magnitud significativos de la evaporación, si se suponen valores de ésta en un suelo saturado y en una superficie de agua libre, Remenieras (1960), obtiene que la evaporación en arenas finas saturadas, equivale al 100 % de la evaporación en superficie libre de agua y en arcillas saturadas equivaldría al 75-85 %.

Como valores orientativos de la evaporación en nuestra zona de estudio, en la tabla 2.1.8 se dan valores de evaporación media diaria (calculada a partir de medidas directas con evaporímetro de Piché), en el observatorio de Ciudad Real Instituto (datos del INM) para los últimos cuatro años.

ESTACION DE CIUDAD REAL INSTITUTO

AÑOS HIDROLOGICOS(1904/5-1992/3)

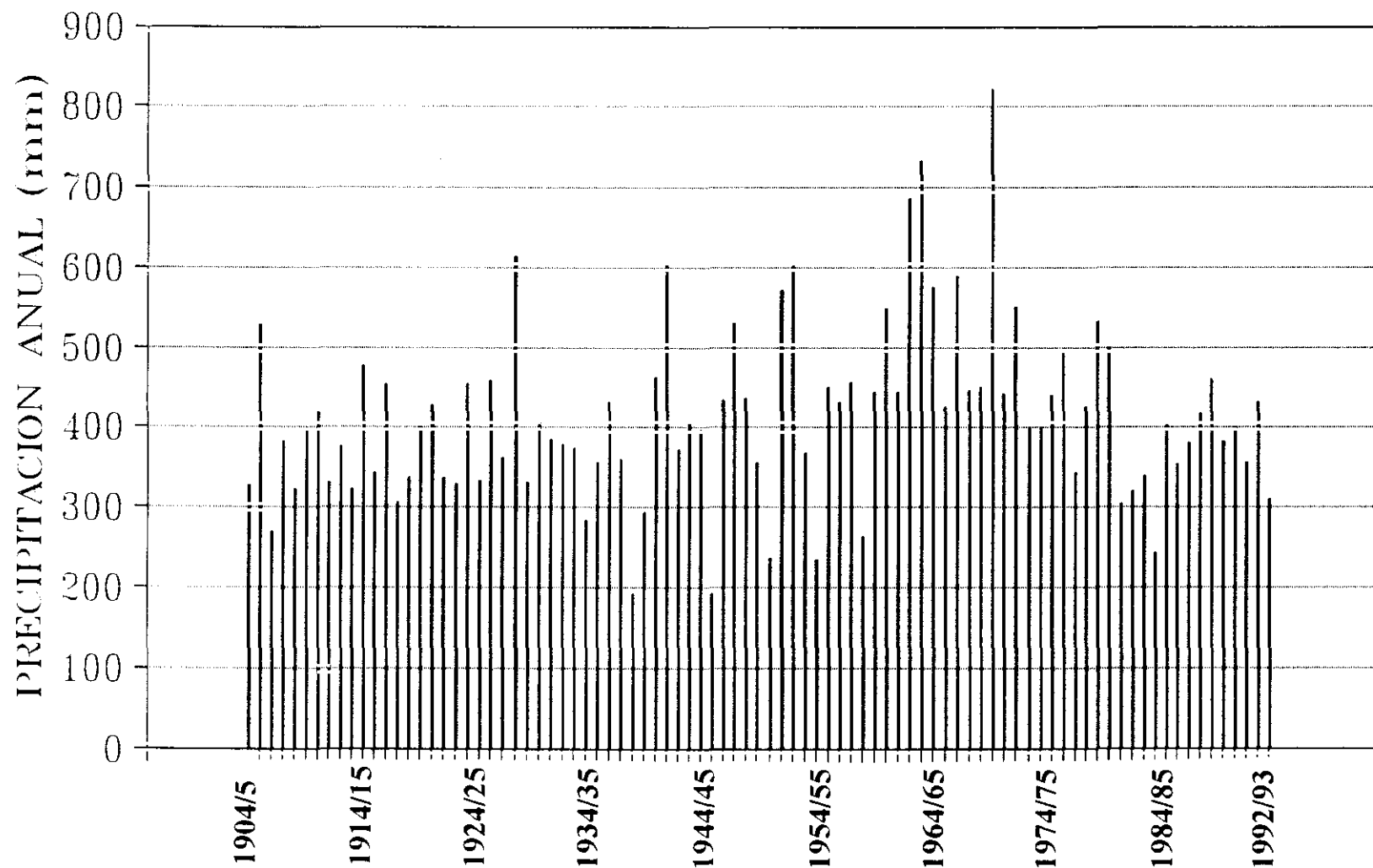
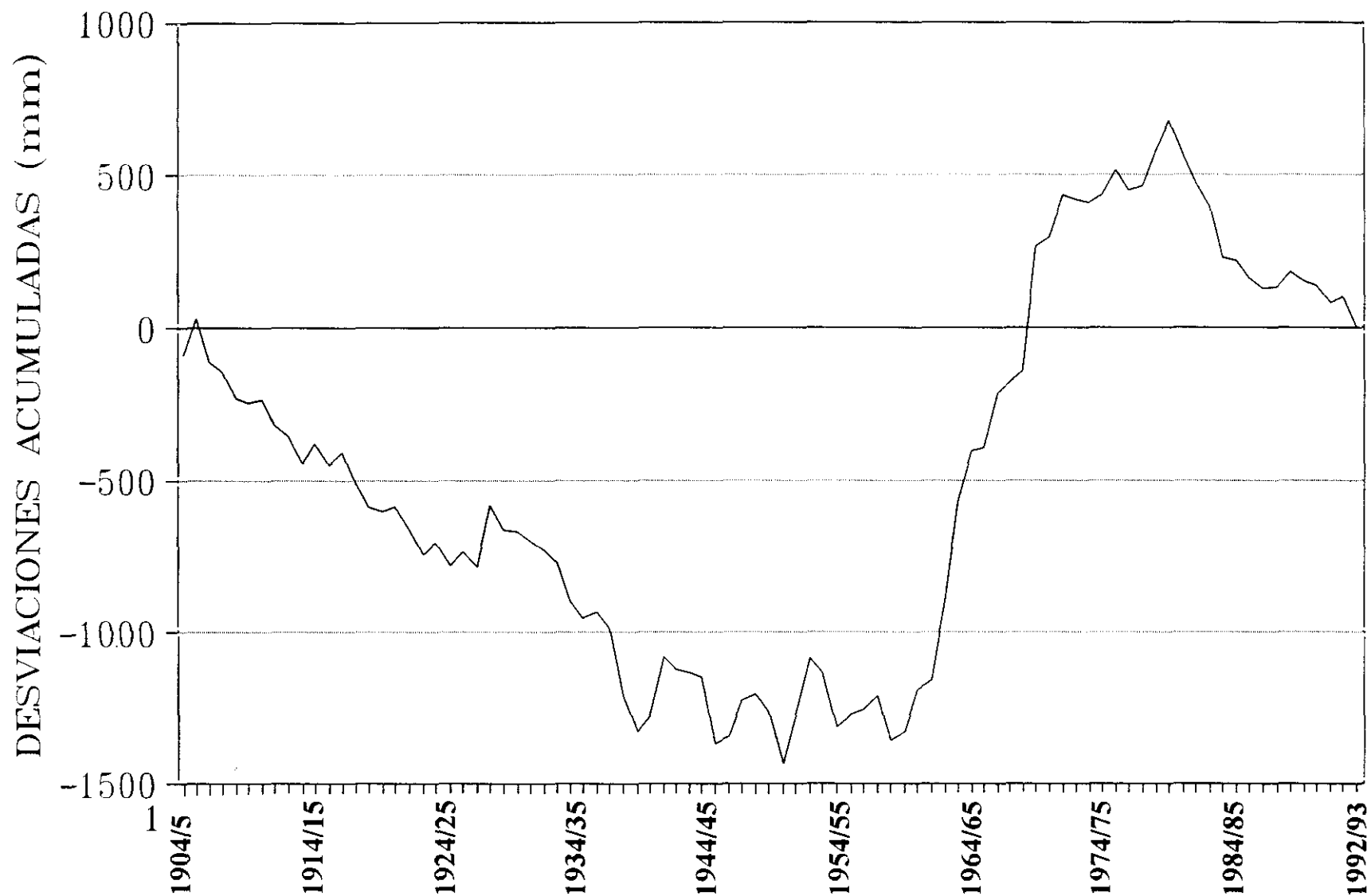


Fig. 2.1.e.- Evolución de la pluviometría en la estación de
Ciudad Real Instituto (1904/5 -1992/93)

ESTACION DE CIUDAD REAL INSTITUTO

AÑOS HIDROLOGICOS(1904/5-1992/3)



**Fig. 2.1.f.- Desviaciones acumuladas de las precipitaciones anuales
respecto a su valor medio (1904/5 -1992/93)**

**Tabla 2.1.1.- Valores anuales de precipitación en el observatorio de
Ciudad Real Instituto (1904/05-1992/93)**

| AÑO | LLUVIA AÑO CIVIL | LLUVIA AÑO HID | TIPO DE AÑO | AÑO | LLUVIA AÑO CIVIL | LLUVIA AÑO HID | TIPO DE AÑO |
|------|---------------------|-------------------|----------------|------|---------------------|-------------------|----------------|
| 1904 | 400.8 | | | 1950 | 245.1 | 236.5 | seco |
| 1905 | 343.7 | 327.7 | seco | 1951 | 652.5 | 570.7 | humedo |
| 1906 | 493.8 | 529.9 | humedo | 1952 | 510.9 | 600.8 | humedo |
| 1907 | 282.3 | 270.3 | seco | 1953 | 272 | 367.3 | medio |
| 1908 | 372.2 | 381.8 | medio | 1954 | 193 | 235.3 | seco |
| 1909 | 380.4 | 321.9 | seco | 1955 | 559.1 | 449.7 | medio |
| 1910 | 394.2 | 399.4 | medio | 1956 | 377.1 | 431.2 | medio |
| 1911 | 374.7 | 419.7 | medio | 1957 | 456.4 | 457 | medio |
| 1912 | 254.1 | 330.6 | seco | 1958 | 357.9 | 263 | seco |
| 1913 | 373.9 | 376.7 | medio | 1959 | 353.9 | 443.5 | medio |
| 1914 | 391.6 | 323 | seco | 1960 | 646.1 | 549 | humedo |
| 1915 | 416.9 | 476.2 | humedo | 1961 | 499.5 | 443.4 | medio |
| 1916 | 371.9 | 343.3 | seco | 1962 | 598.8 | 686.5 | humedo |
| 1917 | 329.1 | 453.9 | medio | 1963 | 707.9 | 733.5 | humedo |
| 1918 | 226 | 305.8 | seco | 1964 | 427.4 | 574.7 | humedo |
| 1919 | 439.3 | 336.3 | seco | 1965 | 542.6 | 424.9 | medio |
| 1920 | 404.2 | 400.2 | medio | 1966 | 481.4 | 589.2 | humedo |
| 1921 | 360.9 | 426.5 | medio | 1967 | 468.1 | 446.8 | medio |
| 1922 | 359.9 | 338.1 | seco | 1968 | 507.4 | 450.7 | medio |
| 1923 | 364.6 | 328.4 | seco | 1969 | 857 | 820.9 | humedo |
| 1924 | 405.6 | 453.4 | seco | 1970 | 354.6 | 442.5 | medio |
| 1925 | 455.7 | 333.7 | seco | 1971 | 541.6 | 550.2 | humedo |
| 1926 | 463 | 458.8 | seco | 1972 | 507.5 | 398 | medio |
| 1927 | 325.4 | 361.8 | medio | 1973 | 386 | 399.7 | medio |
| 1928 | 464.6 | 615 | humedo | 1974 | 334.4 | 440.6 | medio |
| 1929 | 347.2 | 331.2 | seco | 1975 | 371.7 | 494.2 | humedo |
| 1930 | 398.8 | 406.6 | medio | 1976 | 485.4 | 343.4 | seco |
| 1931 | 459.4 | 384.2 | medio | 1977 | 462.8 | 426.4 | seco |
| 1932 | 314.6 | 378 | medio | 1978 | 425.4 | 531.1 | humedo |
| 1933 | 331.8 | 374.6 | medio | 1979 | 509.6 | 502.4 | humedo |
| 1934 | 309 | 283.4 | seco | 1980 | 298.6 | 303.8 | seco |
| 1935 | 325.2 | 356 | medio | 1981 | 353.1 | 321.5 | seco |
| 1936 | 409.8 | 432 | medio | 1982 | 326.4 | 338.7 | seco |
| 1937 | 404.6 | 359.9 | medio | 1983 | 263.8 | 243 | seco |
| 1938 | 138.7 | 191.2 | seco | 1984 | 381.5 | 403.7 | medio |
| 1939 | 415.7 | 295.1 | seco | 1985 | 325.6 | 352.9 | medio |
| 1940 | 428.8 | 461.7 | medio | 1986 | 383.9 | 380.2 | medio |
| 1941 | 583.2 | 605 | humedo | 1987 | 521.3 | 416.2 | medio |
| 1942 | 452.9 | 372.9 | medio | 1988 | 381.1 | 459.9 | medio |
| 1943 | 451.6 | 404.5 | medio | 1989 | 488.2 | 382.7 | medio |
| 1944 | 340.1 | 396.8 | medio | 1990 | 269.4 | 399.8 | medio |
| 1945 | 195.8 | 192.7 | seco | 1991 | 361.3 | 354.7 | medio |
| 1946 | 435.4 | 433.9 | medio | 1992 | 422.1 | 431.2 | medio |
| 1947 | 531.6 | 530.4 | humedo | 1993 | 313.8 | 310.9 | seco |
| 1948 | 467.9 | 436 | medio | | | | |
| 1949 | 333.6 | 355.3 | medio | | | | |

Media anual año civil = 407,8

Media anual año hidrológico = 412,3

Tabla 2.1.2.- Precipitación media mensual en el observatorio de Ciudad Real Instituto (1990/91-1992/93)

| Precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|-----|-----|------|
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP |
| 1990/91 | 61 | 36.2 | 8.2 | 6.7 | 56 | 36.2 | 19.8 | 15.9 | 44.6 | 2.4 | 1.2 | 71 |
| 1991/92 | 63.2 | 20.5 | 28.3 | 1.7 | 61.5 | 17.5 | 36.6 | 39 | 133.2 | 2.9 | 5.1 | 21.7 |
| 1992/93 | 79.1 | 0.9 | 22.9 | 0.1 | 4.7 | 13.8 | 51.2 | 79.2 | 50.9 | 0 | 4.7 | 3.4 |
| P. media | 67.8 | 19.2 | 19.8 | 2.8 | 40.7 | 22.5 | 35.9 | 44.7 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32.0 |

Tabla 2.1.3.- Temperatura media mensual en el observatorio de Ciudad Real Instituto (1990/91-1992/93)

| Temperatura (°C) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP |
| 1990/91 | 15.3 | 9 | 5.8 | 6 | 7 | 11.2 | 12.6 | 16.2 | 23.8 | 26.8 | 27.20 | 22.4 |
| 1991/92 | 12.8 | 7.6 | 6.3 | 3.2 | 7.1 | 10.9 | 14.5 | 19.2 | 18 | 26.1 | 25.9 | 21.3 |
| 1992/93 | 13.2 | 10.3 | 7 | 4.8 | 7.2 | 11.2 | 12.6 | 16 | 21.7 | 26.4 | 25.8 | 19.7 |
| Tª (°C) | 13.8 | 9.0 | 6.4 | 4.7 | 7.1 | 11.1 | 13.2 | 17.1 | 21.2 | 26.4 | 26.3 | 21.1 |

Tabla 2.1.4.- Evapotranspiración potencial por Thornthwaite (1990/91-1992/93)

| CALCULO ETP POR THORNTWHAITE | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP |
| Tª (°C) | 13.8 | 9 | 6.4 | 4.7 | 7.1 | 11.1 | 13.2 | 17.1 | 21.2 | 26.4 | 26.3 | 21.1 |
| P (mm) | 67.8 | 19.2 | 19.8 | 2.8 | 40.7 | 22.5 | 35.9 | 44.7 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 |
| i | 4.65 | 2.44 | 1.45 | 0.91 | 1.7 | 3.34 | 4.35 | 6.64 | 8.91 | 12.42 | 12.35 | 8.85 |
| I=68,01 | | | | | | | | | | | | |
| E | 1.6 | 0.8 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 3.1 | 4.4 | 4.4 | 3.1 |
| N | 11.2 | 10 | 9.4 | 9.7 | 10.6 | 12 | 13.3 | 14.4 | 15 | 14.7 | 13.7 | 12.5 |
| ETP | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 84.55 | 116.25 | 173.34 | 160.66 | 96.72 |

ETP anual = 813,54 mm ; Tª media anual = 14,7° C

$$i = (t/5)^{1,514}$$

E = ETP media en mm/día

I = Sumatorio (i) N = n° máximo de horas de sol según latitud

Tabla 2.1.5.- Cálculo de la ETR por Thornthwaite con reserva de saturación de 50 mm (1990/91-1992/93)

| BALANCE POR THORNTHWAITE (1990/91-1992/93) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Reserva inicial = 0 mm. Reserva de saturación = 50 mm. | | | | | | | | | | | | | |
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | TOTAL |
| P (mm) | 67.8 | 19.2 | 19.8 | 2.8 | 40.7 | 22.5 | 35.9 | 44.7 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 367.1 |
| ETP | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 84.55 | 116.25 | 173.34 | 160.66 | 96.72 | 813.54 |
| Var.Res. | 20.14 | -0.72 | 9.81 | -4.98 | 29.21 | -12.73 | -14.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Res. Teo. | 20.14 | 19.42 | 29.23 | 24.25 | 53.46 | 37.27 | 23.22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Res. Real | 20.14 | 19.42 | 29.23 | 24.25 | 50 | 37.27 | 23.22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 203.53 |
| ETR | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 67.92 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 363.64 |
| Exc. Agua | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.46 |
| Fal. Agua | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.63 | 40.05 | 171.54 | 156.96 | 64.72 | 449.9 |

Tabla 2.1.6.- Cálculo de la ETR por Thornthwaite con reserva de saturación de 75 mm (1990/91-1992/93)

| BALANCE POR THORNTHWAITE (1990/91-1992/93) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Reserva inicial = 0 mm. Reserva de saturación = 75 mm. | | | | | | | | | | | | | |
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | TOTAL |
| P (mm) | 67.8 | 19.2 | 19.8 | 2.8 | 40.7 | 22.5 | 35.9 | 44.7 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 367.1 |
| ETP | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 84.55 | 116.25 | 173.34 | 160.66 | 96.72 | 813.54 |
| Var.Res. | 20.14 | -0.72 | 9.81 | -4.98 | 29.21 | -12.73 | -14.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Res. Teo. | 20.14 | 19.42 | 29.23 | 24.25 | 53.46 | 40.73 | 26.68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Res. Real | 20.14 | 19.42 | 29.23 | 24.25 | 53.46 | 40.73 | 26.68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 213.91 |
| ETR | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 71.38 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 367.1 |
| Exc. Agua | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fal. Agua | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.17 | 40.05 | 171.54 | 156.96 | 64.72 | 446.44 |

Tabla 2.1.7.- Resumen del balance hídrico con reserva de 50 mm (1990/91-1992/93)

| BALANCE POR THORNTHWAITE (1990/91-1992/93) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Reserva inicial = 0 mm. Reserva de saturación = 50 mm. | | | | | | | | | | | | | |
| | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | TOTAL |
| P (mm) | 67.8 | 19.2 | 19.8 | 2.8 | 40.7 | 22.5 | 35.9 | 44.7 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 367.1 |
| ETP | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 84.55 | 116.25 | 173.34 | 160.66 | 96.72 | 813.54 |
| ETR | 47.66 | 19.92 | 9.99 | 7.78 | 11.49 | 35.23 | 49.95 | 67.92 | 76.2 | 1.8 | 3.7 | 32 | 363.64 |
| Exceso | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.46 |
| Deficit | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.63 | 40.05 | 171.54 | 156.96 | 64.72 | 449.9 |

Tabla 2.1.8.- Evaporación media diaria en Ciudad Real Instituto según datos del I.N.M.(1990-1993)

| Evaporación media diaria (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
| 1990 | 1.1 | 1.5 | 2.6 | 2.5 | 4.4 | 6.4 | 6.9 | 5 | 4.1 | 1.9 | 0.9 | 0.9 | 3.2 |
| 1991 | 1.3 | 1.7 | 2 | 3.4 | 5.9 | 6.2 | 7.3 | 6.4 | 3.5 | 1.4 | 1.1 | 0.6 | 3.4 |
| 1992 | 0.9 | 1.6 | 2.8 | 3.7 | 4 | 3.2 | 6 | 6 | 4.2 | 1.5 | 0.9 | 0.9 | 3.4 |
| 1993 | 1.1 | 2.2 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 4.8 | 6.7 | 6.2 | 3.9 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 3 |

2.1.4.- Hidrología de superficie

La Cuenca Alta del Guadiana limita con las cuencas del río Tajo al Norte, Júcar al Este y Guadalquivir al Sur (Fig. 2.1.g). La red fluvial tiene una dirección E-W, con el río Guadiana como principal curso fluvial al que confluyen los ríos Cigüela, Záncara y Azuer, entre los más importantes. Los ríos más importantes de la red hidrográfica hasta el embalse del Vicario son: el Guadiana, Azuer, Cigüela, Záncara, Córcoles y Bañuelos.

El régimen hídrico en la cuenca alta está condicionado por las características hidrogeológicas locales. Así, el Cigüela y el Záncara, afluentes de la margen derecha, tienen cuencas en general poco permeables, con caudales muy irregulares que responden con gran rapidez a los regímenes de lluvias, también muy irregulares. Por el contrario, los afluentes de la margen izquierda; Guadiana Alto, Azúer y Córcoles, drenan acuíferos más permeables por lo que tienen un caudal más continuo (IGME, 1982).

También tienen importancia las zonas encharcadas o encharcables como ocurría en los ríos Guadiana, Cigüela y Záncara, hoy en día desaparecidos en su mayoría. Entre ellas, las Tablas de Daimiel son quizás las de mayor importancia por su mayor extensión.

Para los objetivos de este trabajo por la influencia directa que tiene sobre las Tablas de Daimiel nos interesa conocer en detalle la hidrología de los ríos Azúer, Cigüela y en menor medida el Záncara y, por supuesto del propio Guadiana a partir de los "Ojos del Guadiana". Los datos de partida para la elaboración de los gráficos que iremos presentando a lo largo del capítulo, han sido facilitados por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX), sin cuya ayuda habría sido imposible realizar este trabajo. Recientemente se ha publicado el anuario de aforos que contiene esa información (M.O.P.T.M.A., 1993).

Como advertencia previa conviene indicar que los datos de aforos pueden

llegar a tener un error muy grande (superior al 100 % en determinados valores) y el propio CEDEX advierte que los datos de aforos anteriores al año 1960 deben considerarse con bastantes precaución pues su fiabilidad es dudosa. En este trabajo analizamos series de aforos muy antiguas (algunas desde 1915), y su interpretación debe considerarse sólo como una aproximación a la realidad por lo anteriormente dicho. No obstante hemos trabajado con esos datos a falta de otra fuente información mejor, y teniendo en cuenta que nuestro objetivo es conocer mejor la hidrología del PNTD y no la hidrología de todo el Alto Guadiana.

Una parte importante del trabajo y resultados que mostramos a continuación, están basados en la Tesis de Licenciatura de Esnaola (1991). Sin embargo este autor, no trata las aportaciones del río Guadiana en el tramo comprendido entre el embalse de Peñarroya y río Zúncara (comunmente conocido como Canal del Guadiana), ni la zona que hay entre los denominados "Ojos del Guadiana" y el río Azuer. Una elaboración exhaustiva de todos los datos hidrológicos del Alto Guadiana está siendo realizada dentro del proyecto europeo EFEDA - II (Hydrological response to land use change and overexploitation of water resources in a semiarid ares of Spain) por el equipo dirigido por el Prof. Dolz de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Sin duda estos datos, cuando estén disponibles, en principio en 1996, constituirán una gran contribución para el mejor conocimiento del Alto Guadiana.

2.1.4.1.- Estudio de la hidrología del río Azuer

El estudio de la hidrología de este río está basada en las estaciones de aforos nº 101 situada en Vallermoso, con una superficie de cuenca de 470 km² y nº 102 en Daimiel, con una cuenca de 1699 km² (la localización de las estaciones puede verse en la fig: 2.1.g). Del análisis comparativo entre los volúmenes aportados a estas estaciones y de la comparación con los datos de precipitaciones, se pueden obtener los siguientes resultados:

1.- Una mayor aportación anual de agua en la Cuenca Alta, E. 101, que aguas abajo, E. 102 (ver figura 2.1.h). Esnaola atribuye este descenso al hecho de que el bajo Azuer es y fué siempre un río "perdedor", es decir que su Thalweg está por encima de la superficie freática.

En la Figura 2.1.i se representa (según Esnaola, 1991), la relación entre los volúmenes de agua anuales drenados (ganados) y los volúmenes de agua infiltrados al acuífero (pérdidas) entre las estaciones nº 101 y nº 102. Puede efectivamente comprenderse que es un río "perdedor" como primeramente se dijo. Además, seguramente a partir de 1988 el régimen del alto Azuer ha quedado modificado por la construcción del embalse de Vallehermoso aguas arriba, con destino al regadío. A la vista de estos resultados es de suponer que los valores de agua infiltrados al acuífero han experimentado en los últimos años una drástica disminución, cuya cuantía no ha sido evaluada todavía.

2.- Parece observable una tendencia general descendente de las aportaciones en el alto Azuer, estación nº 101. En la figura 2.1.j se ha representado la aportación anual del Azuer en Vallermoso y las precipitaciones anuales, que el CEDEX calcula a partir de las isoyetas calculadas con los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la cuenca. Las series de años de las aportaciones del río (1920/21 - 1987/88) y de las precipitaciones (1960/61 - 1987/88) que se muestran en la ficha de aforos del no tiene la misma duración. En la figura 2.1.j. se puede apreciar que desde el año 1946/47, hay una

tendencia descendente de las aportaciones del río, y que al menos desde 1960/61, puede estar en parte, relacionada con el descenso de las precipitaciones. La precipitación correspondiente al año 1969/69 parece demasiado alta y puede tratarse de un dato erróneo.

3.- En el bajo Azuer (E. 102), si comparamos las precipitaciones y aportaciones (ver figura 2.1.k) en el periodo 1959/60 - 87/88, se observa un descenso progresivo de las aportaciones del río. Esta pérdida de caudales del río más que con el régimen de precipitaciones en la zona, parece tener que ver con el aumento de la infiltración en el río.

El comportamiento de este río se explica con las figuras 2.1.c (mapa geológico) y figura 2.1.i. El río Azuer durante la mayor parte de su recorrido discurre por materiales de baja permeabilidad (arcillas arenosas de abanicos aluviales), lo que daría una rápida respuesta a las precipitaciones. Cerca de la localidad de Daimiel, el río atraviesa las calizas pliocenas del acuífero de La Mancha, donde pensamos que se produce la máxima infiltración de todo el recorrido del río (figura 2.1.i).

El hidrograma de la figura 2.1.l, elaborado a partir de los datos de MOPTMA (1993), se ha dibujado con datos mensuales, con objeto de que se aprecie lo mejor posible las variaciones mensuales en los caudales del río Azuer. La forma que presenta este hidrograma parece indicar, lo que ya se había visto anteriormente, que el Azuer en los alrededores de Daimiel (E.102) tiene una alimentación exclusivamente de agua superficial. Los picos del hidrograma parecen corresponder a la escorrentía superficial de las precipitaciones caídas en la cuenca baja de dicho río, que al ser relativamente impermeable responde con rapidez a las irregulares precipitaciones.

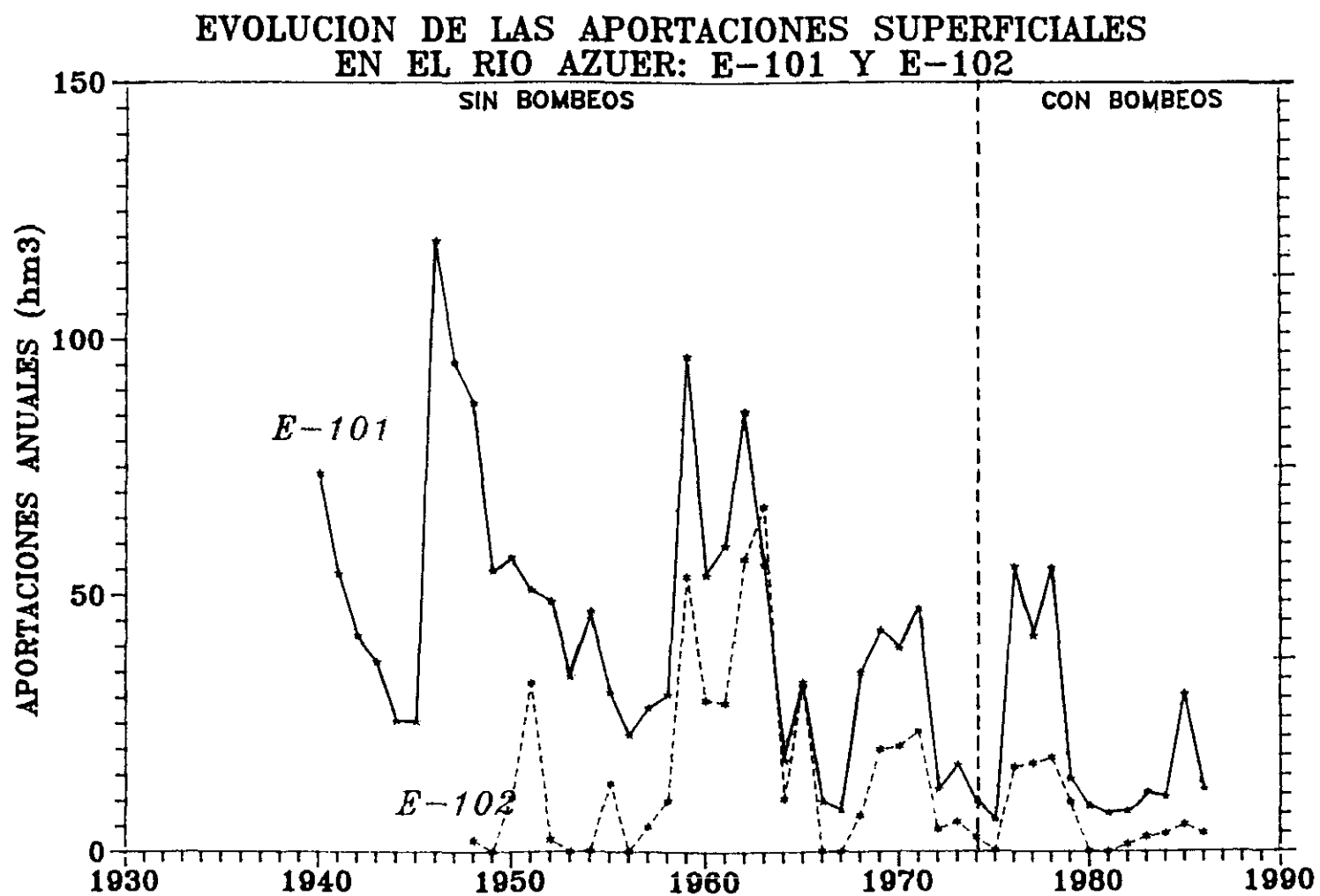


Fig. 2.1.h.- Aportaciones superficiales del río Azuer (Según Esnaola, 1991)

RELACION ACUIFERO-RIO: BAJO AZUER

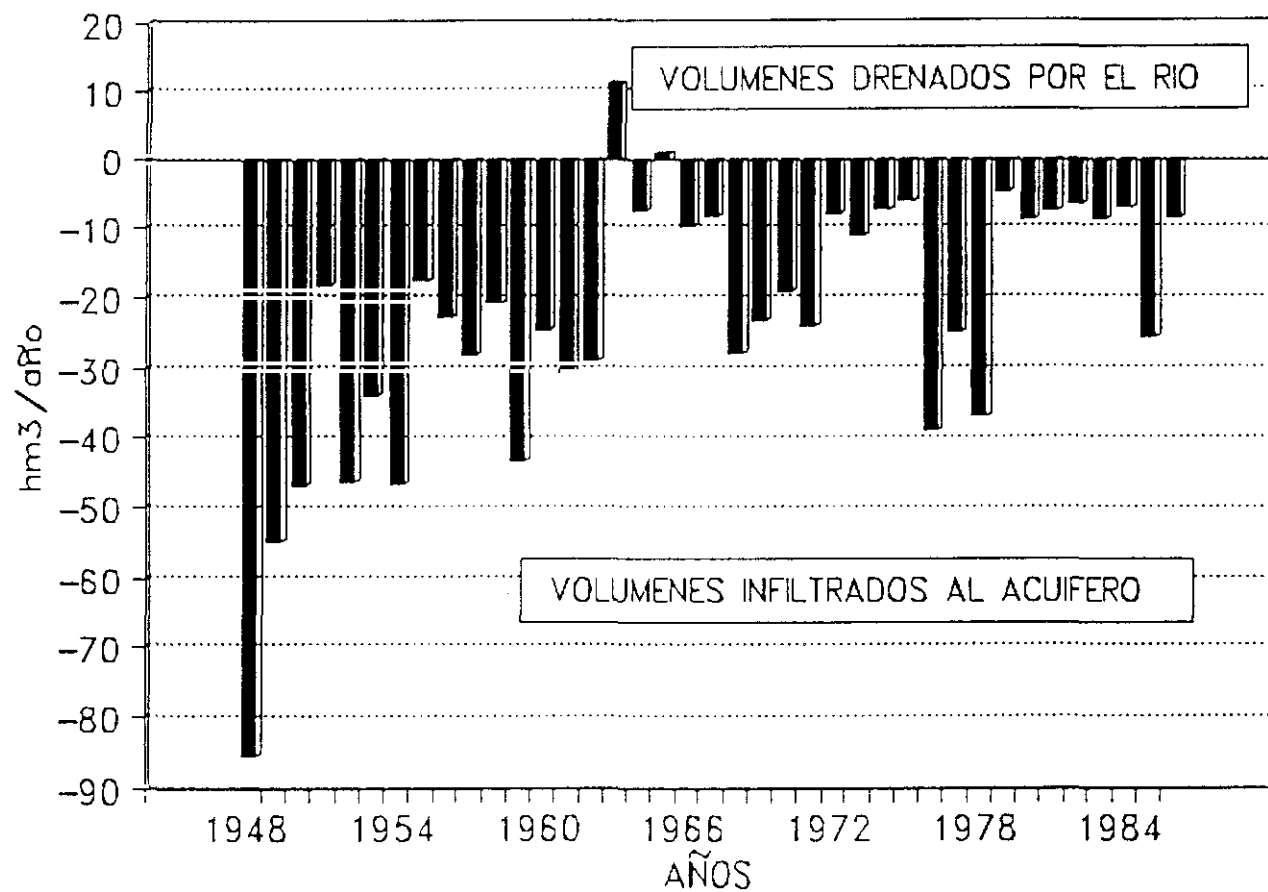


Fig. 2.1.i.- Relación acuífero - río, bajo Azuer (Según Esnaola, 1991)

LLUVIAS Y APORTACIONES ANUALES DEL AZUER EN VALLERMOSO (Estación de aforos n° 101)

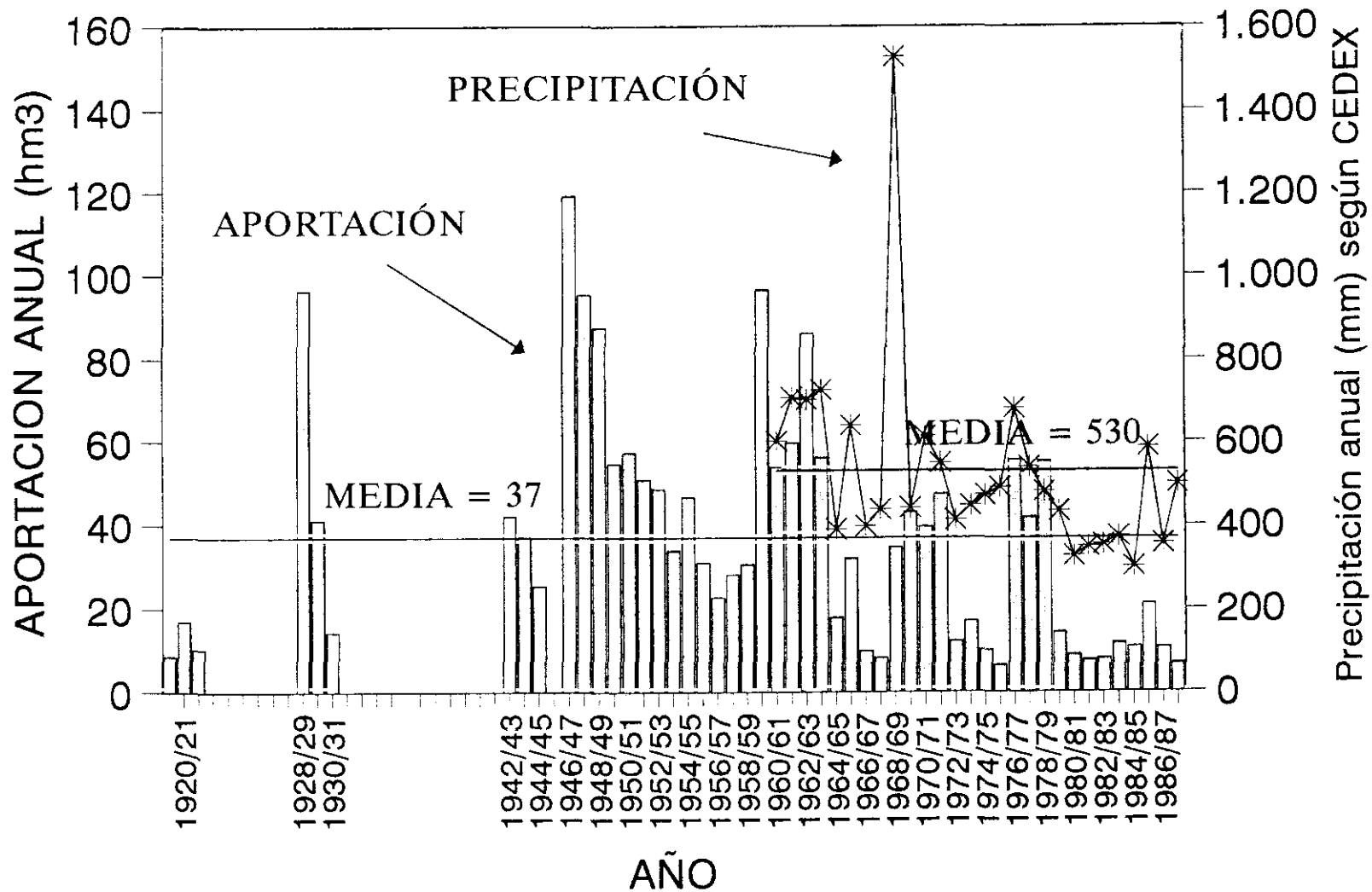


Fig.2.1.j.- Precipitaciones y aportaciones anuales de Azuer en Vallermoso (E. 101).

PRECIPITACIONES Y APORTACIONES ANUALES DEL AZUER EN DAIMIEL (Estación de aforos n° 102)

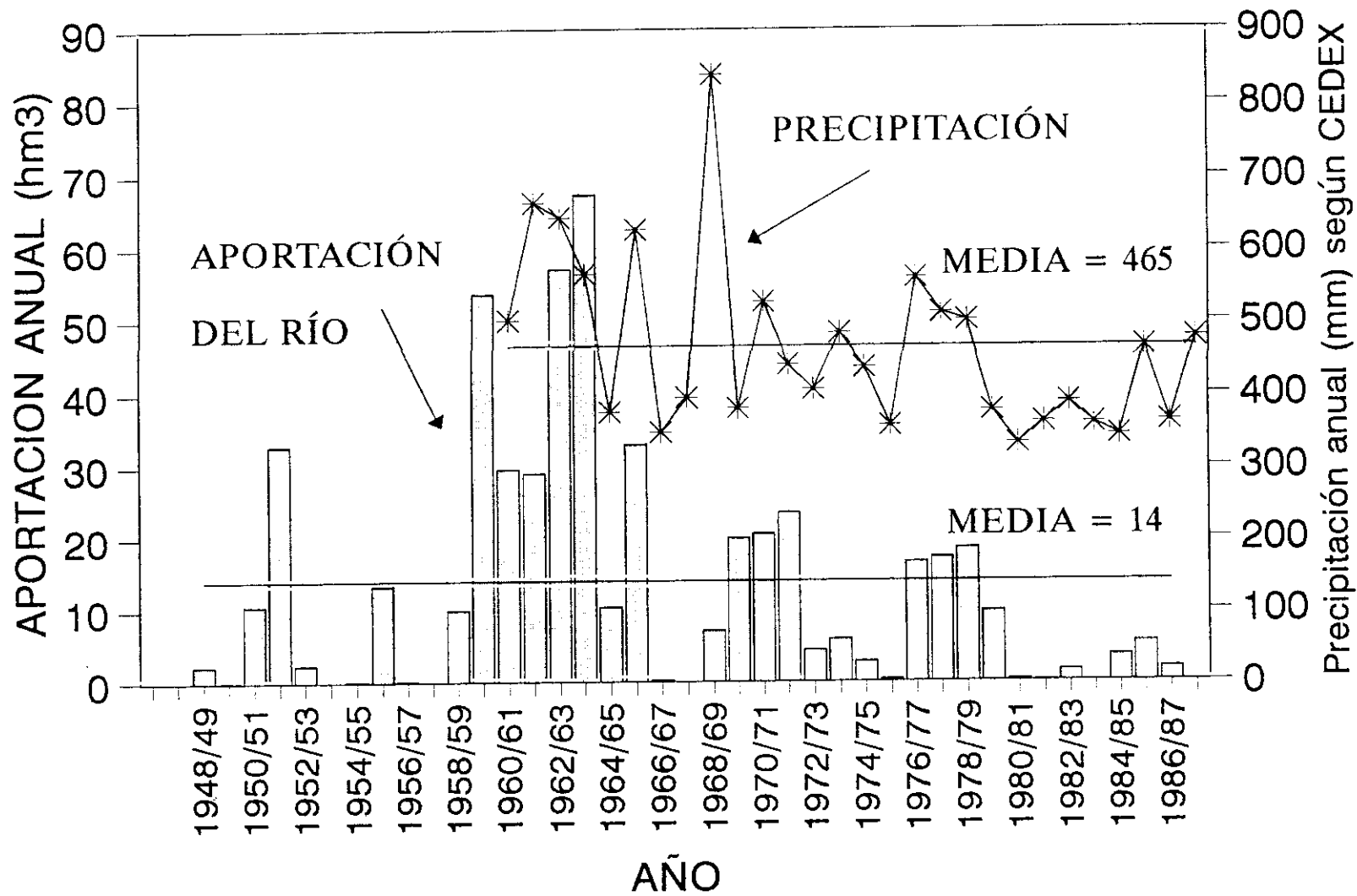


Fig. 2.1.k.- Precipitaciones y aportaciones anuales de Azuer en Daimiel (E. 102)

APORTACIONES MENSUALES DEL RÍO AZUER EN DAIMIEL (Estación de aforos n° 102)

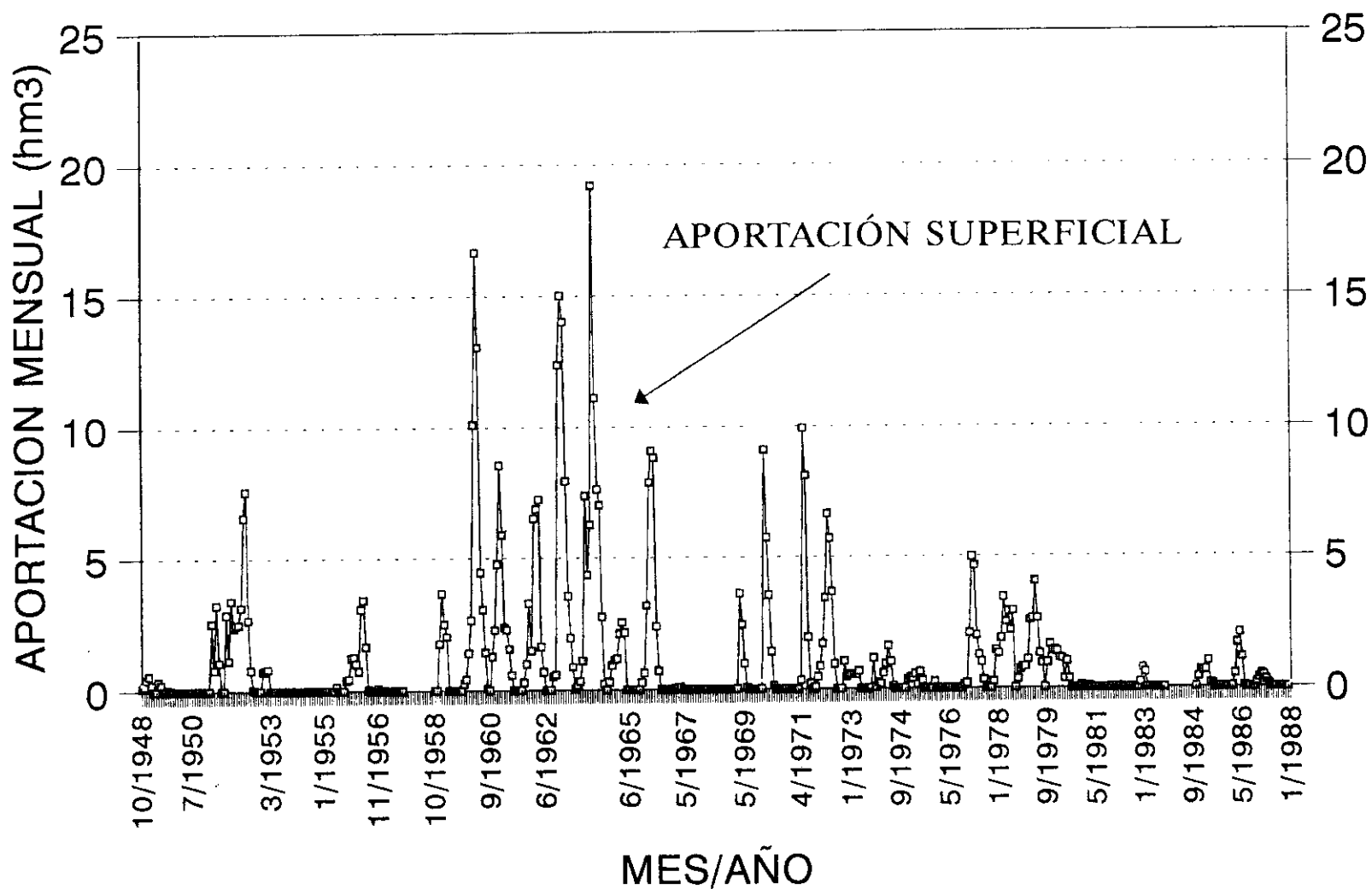


Fig. 2.1.1.- Aportaciones mensuales del río Azuer (E. 102)

2.1.4.2.- Estudio de la hidrología del río Záncara

La hidrología de este río se ha estudiado con menor detalle que los otros, pues *afecta en menor medida de forma directa a nuestra zona de trabajo*. En este apartado se hace un resumen de los resultados obtenidos por Esnaola(1991) y Barroso (1992), que consideramos suficientes para tener unas ideas generales del comportamiento del río, para los objetivos de esta tesis doctoral.

La Fig. 2.1.m elaborada por Esnaola (1991), muestra los caudales aportados anualmente en la cuenca media (E.224, antigua E.204) y baja (E. 205) del río Záncara (ver fig: 2.1.g). La comparación entre ambos debe hacerse a partir del año 1954-1955, donde se tienen registros de las 2 estaciones. A modo de advertencia para evitar errores de interpretación, la actual E.224 situada en el río Záncara, antiguamente se denominaba E.204, y la E.204 actual se localiza en el río Cigüela próxima al PNTD.

De su análisis se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- 1.- Aguas abajo (E.205) los caudales son generalmente mayores que los de la cuenca alta (E.224).
- 2.- A partir del año 1965 los caudales muestran una tendencia descendente, probablemente debido en gran parte a los bombeos, aunque es preciso analizar el tema más a fondo para conocer la influencia de la secuencia climática de los últimos 10 o 15 años.

Si observamos los datos de caudales mensuales en los anuarios de aforos a partir del año 1980/81 a su paso por la estación de aforos del Provencio (E.224), el río está seco entre cuatro y seis meses al año. Los caudales el resto del año son mínimos y parecen corresponder a las aguas residuales de la localidad del Provencio. Estas aportaciones son mínimas, entre 2 y 4 hm³/año, cuando las aportaciones del Záncara en el periodo 1943-68 era de 34 hm³/año

(Barroso, 1992). Los restantes 30 hm³/año, según Barroso (1992), han debido ser utilizados para regadío y en parte se han debido infiltrar al acuífero.

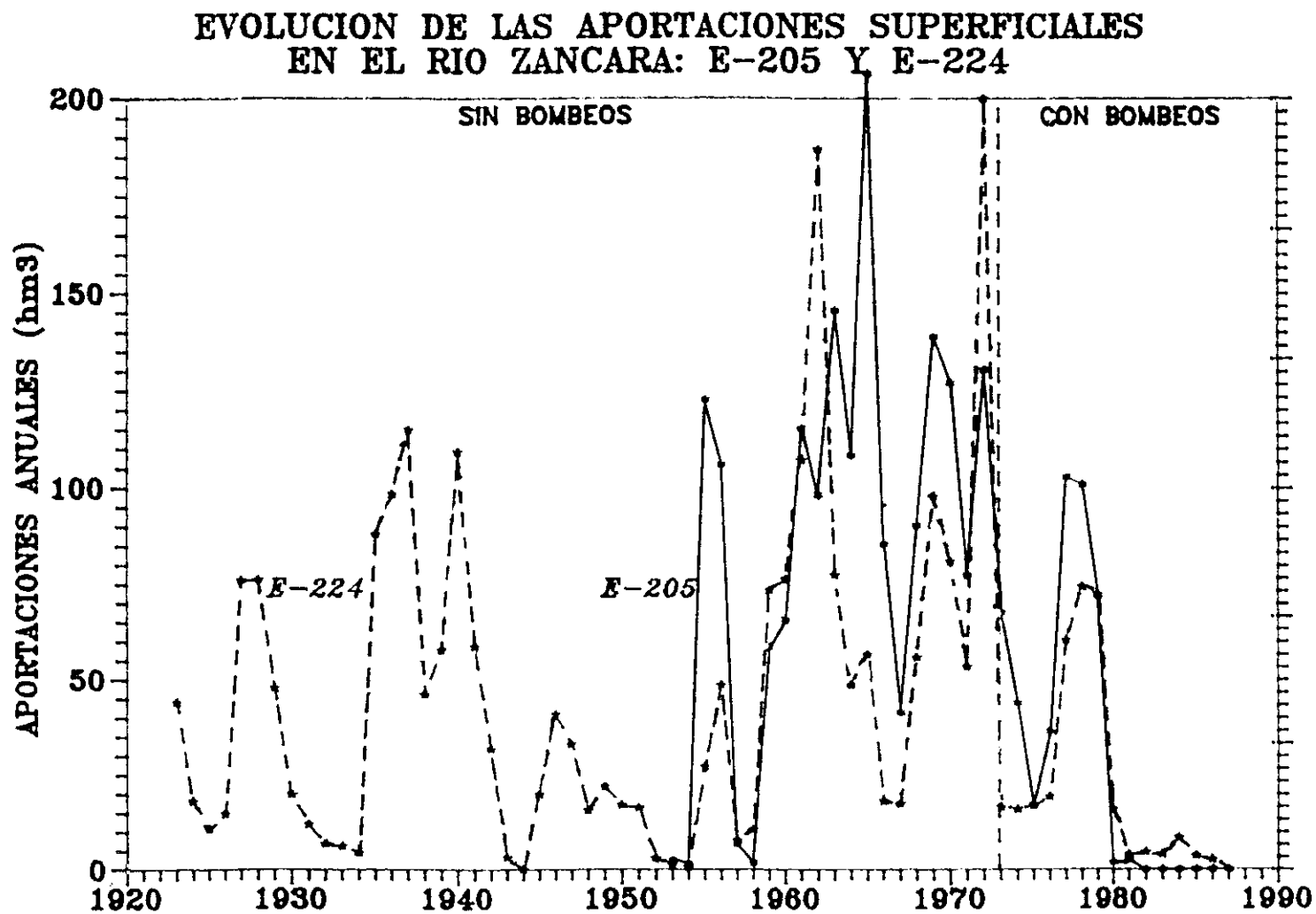


Fig. 2.1.m.- Aportaciones superficiales del río Záncara (Según Esnaola, 1991)

2.1.4.3.- Estudio de la hidrología del río Cigüela

Este río tiene nacimiento en los Altos de Cabrejas (provincia de Cuenca) y termina en la confluencia con el Guadiana en las Tablas de Daimiel. Tiene una longitud de 193 km (MOPU, 1980) y una cuenca propia de 2.156 km² y total de 11.970 km² (MOPT, 1992b).

La hidrología de este río en su parte alta (estaciones de aforos nº 201 y 202), ha sido tratada en la Tesis de Fornés (1994), donde se estudiaban las fluctuaciones del río hasta agosto de 1992. En ese trabajo se hacía un análisis de la relación entre el río Cigüela y las lagunas ribereñas marginales del Masegar y Molino del Abogado, teniendo en cuenta además, las derivaciones de caudales del ATS realizados hasta la fecha. El estudio de la hidrología en ese tramo del río, en relación con las derivaciones del ATS con destino al PNTD más recientes que se han hecho, está siendo objeto de otra Tesis Doctoral que realiza Africa de la Hera en este mismo Departamento de Geodinámica.

En la Figura 2.1.n se representa la evolución de las aportaciones anuales del río Cigüela en las estaciones 201, 202 y 203 (Esnaola, 1991) en su curso alto, medio y bajo, respectivamente. Del análisis de las aportaciones de este río a dichas estaciones, la interpretación dada por Esnaola (1991), indica:

1/ Entre las estaciones 201 y 202 se aprecia un incremento de las aportaciones, que seguramente se debe a las entradas de agua desde el río Riansares (afluente de la margen derecha).

2/ En la estación 203, las aportaciones son mucho mayores que en las estaciones anteriores por la confluencia con el río Záncara en su margen izquierda.

En la figura 2.1.ñ se representa la relación entre las aportaciones en las estaciones nº 202 y nº 203 del río Cigüela. Se supone en una primera

aproximación, que las diferencias en las aportaciones corresponden a "ganancias o drenaje" o a "pérdidas o infiltración" en el tramo comprendido entre ambas estaciones. Esta figura parece indicar que entre ambas estaciones el río es y ha sido predominantemente perdedor, es decir, que el agua que discurre por el río Cigüela al entrar en la Llanura Manchega se infiltra y se infiltraba, en gran medida incluso cuando las extracciones de aguas subterráneas eran moderadas y la superficie freática no había sido deprimida 20 o 30 m. Este hecho ha sido constatado durante el seguimiento de campo que se hicimos durante la última fase de derivación de caudales del acueducto Tajo - Segura con destino al PNTD (ver apartado 1.2.4.3).

En la figura 2.1.o hemos representado las aportaciones mensuales del Cigüela a la estación nº 203. La abundancia de picos en el hidrograma parece indicar una rápida respuesta del río ante las precipitaciones aguas arriba de esta estación, que se caracteriza por tener una cuenca predominantemente impermeable.

En el periodo 1975/76-1984/85 (figura 2.1.o) existe una carencia de datos en el registro del MOPTMA (1993), y a partir de este último año hasta la actualidad las aportaciones han sido prácticamente nulas. Esta pérdida de caudal puede deberse en gran parte a la disminución de las aportaciones del Záncara a la estación nº 203, que como consecuencia del descenso del nivel freático en zona debido a los bombeos en la Llanura Manchega, la mayor parte del agua que circula por este río se infiltra al acuífero.

En la figura 2.1.p se representan las aportaciones anuales del río a la estación nº 203 y las precipitaciones calculadas a partir de isoyetas según se comentó anteriormente. La comparación entre estas dos series no muestra ningún resultado relevante, ya que a partir de 1975/76, cuando empieza la explotación intensiva de las aguas subterráneas, faltan datos en los registros del CEDEX. No se han podido representar aforos posteriores al año 1986/87, debido a que el último anuario de aforos disponible al público (en 1995), es el anuario MOPTMA

(1993).

La nueva estación nº 204 antiguamente era E.904, situada próxima a la localidad de Villarrubia de los Ojos, unos 10 km antes del comienzo de la zona encharcada del PNTD, tiene un periodo de registro desde 1920 a 1930 y desde 1942 a 1946 (figura 2.1.q). Recordamos que la anterior E.204 estaba en el Provencio y que se cambió por la E.224. No se registran más datos de aforos a partir de 1946 hasta el año 1993 año en que se construye una nueva estación de aforos (E.204), que va a formar parte de la red de aforos del plan SAICA (Sistema Informatizado de Calidad de las Aguas). Desde que ésta nueva estación entra en funcionamiento hasta la actualidad, según hemos podido comprobar personalmente, sólo ha podido registrar unos pocos días, el agua procedente del ATS durante la derivación de caudales que tuvieron lugar los pasados meses de enero, febrero y marzo de 1994, ya que el resto del tiempo el río Cigüela ha estado seco en este tramo.

En la figura 2.1.r se representa el hidrograma con las aportaciones mensuales del Cigüela a la estación 904 (actual 204).

Los grandes vacíos de datos que se muestran en las figuras 2.1.q y 2.1.r, y la antigüedad de los datos existente, no permiten deducir ninguna conclusión fiable del comportamiento del Cigüela entre la estación nº 203 y nº 204. El objeto por tanto de presentar esta figuras es dejar constancia del registro que existe en la zona para trabajos futuros.

Sería de sumo interés para dar una interpretación correcta, estimar la evolución de la superficie freática de esta zona para los mismos años que se representan las aportaciones superficiales, ya que con mucha probabilidad, según testimonios antiguos (p.ej. mapas), el río Cigüela formaba "tablas" en esta zona, que podrían corresponder, en parte, a drenaje del acuífero.

EVOLUCION DE LAS APORTACIONES SUPERFICIALES
EN EL RIO CIGÜELA: E-201, E-202 Y E-203

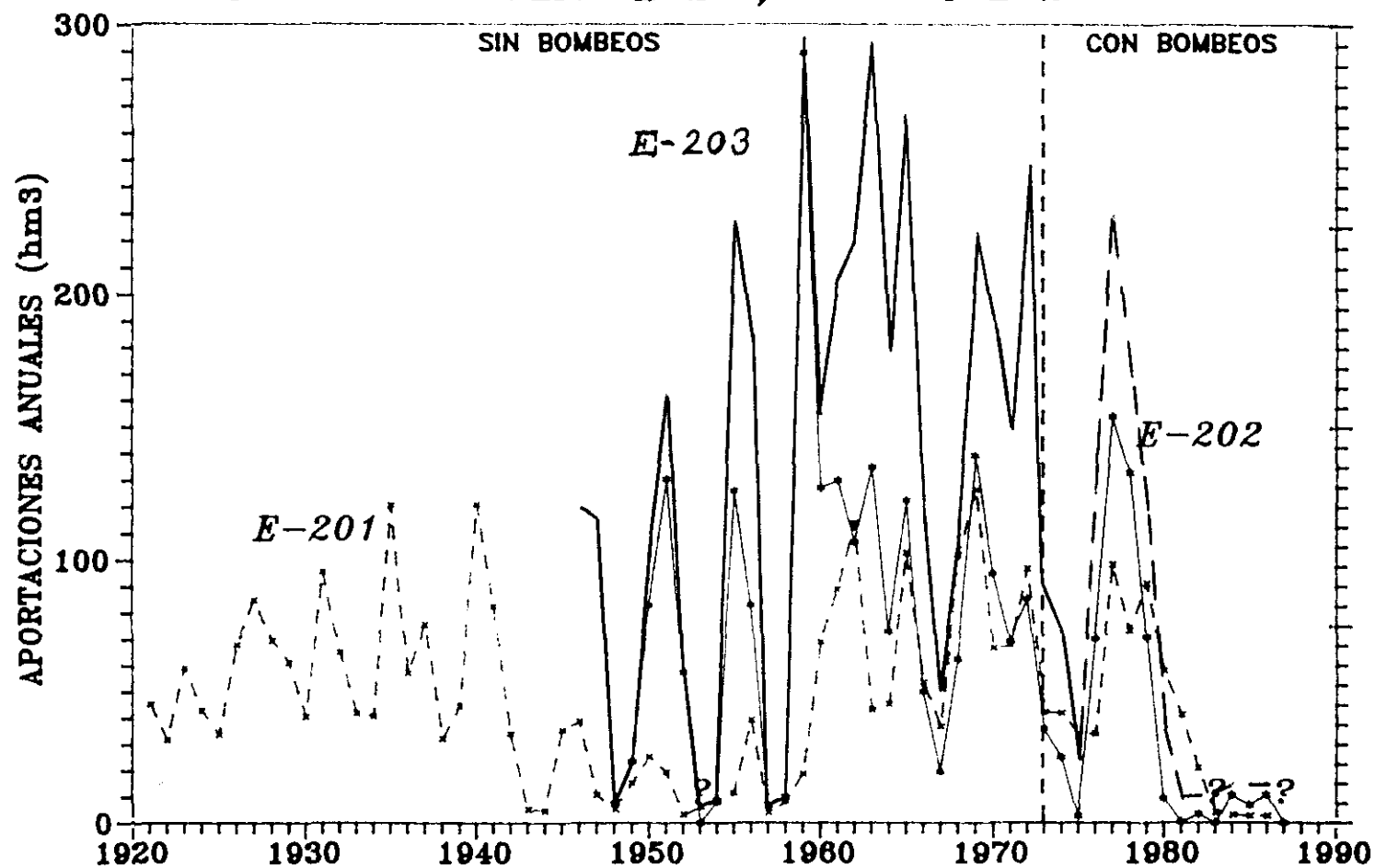


Fig. 2.1.n.- Aportaciones superficiales del río Cigüela (Según Esnaola 1991)

RELACION ACUIFERO-RIO: BAJO CIGUELA

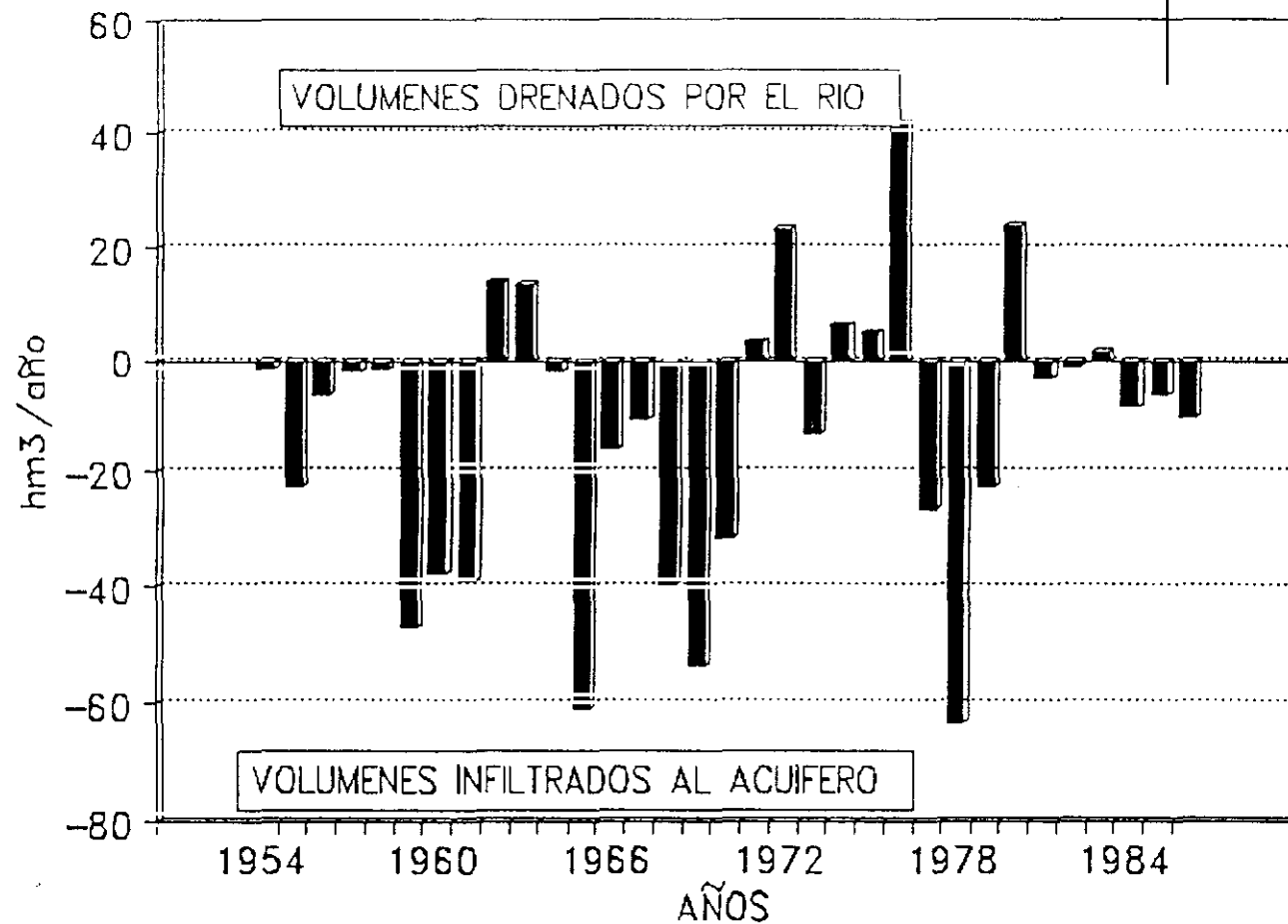


Fig. 2.1.ñ.- Relación acuífero - bajo Ciguela (Según Esnaola,1991)

APORTACIONES DEL RÍO CIGÜELA EN BUENAVISTA (Estación de aforos n° 203)

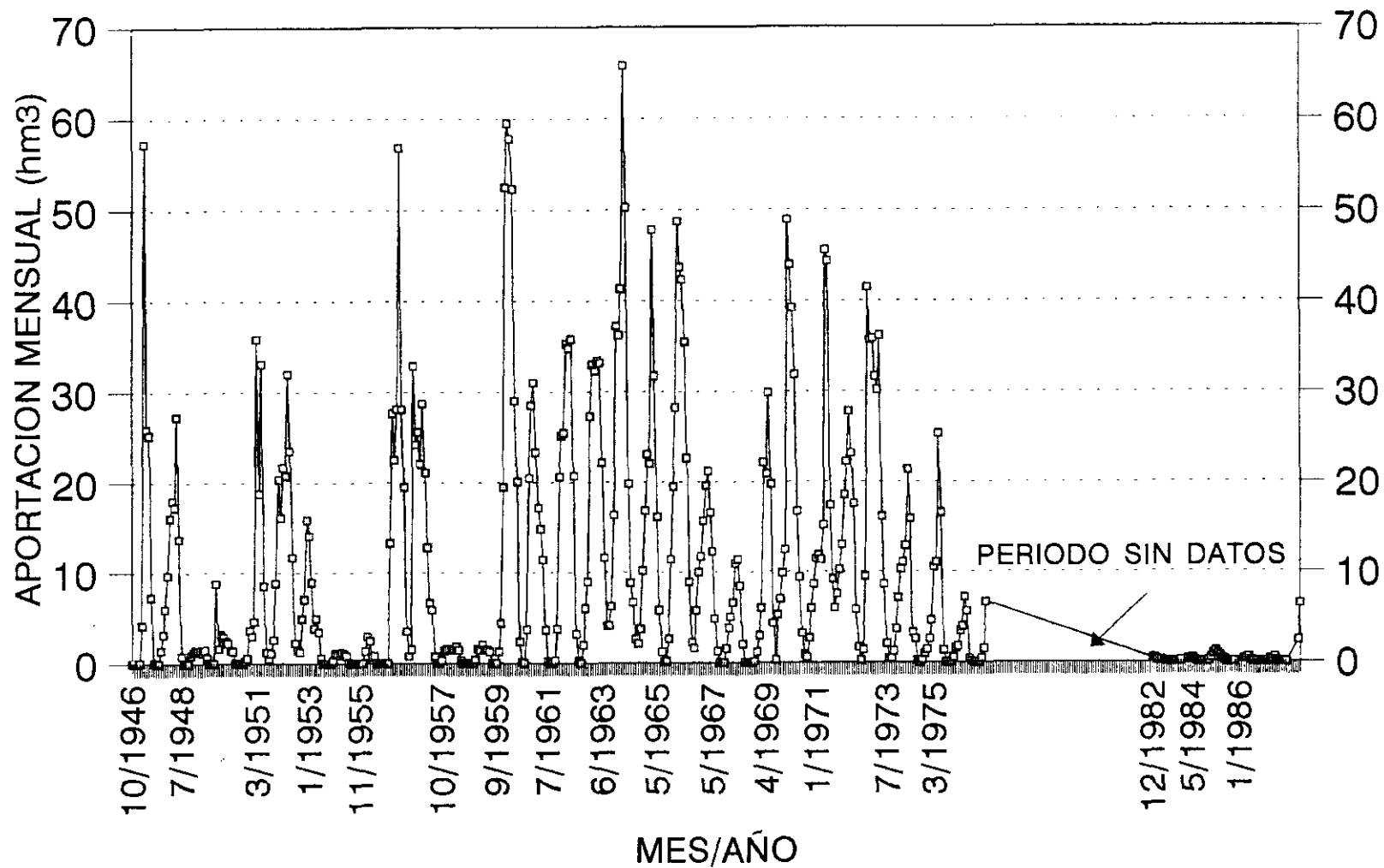


Fig. 2.1.o.- Aportaciones mensuales del río Cigüela en Buenavista (E. 203)

LLUVIAS Y APORTACIONES ANUALES DEL CIGÜELA EN BUENAVISTA (Estación de aforos n° 203)

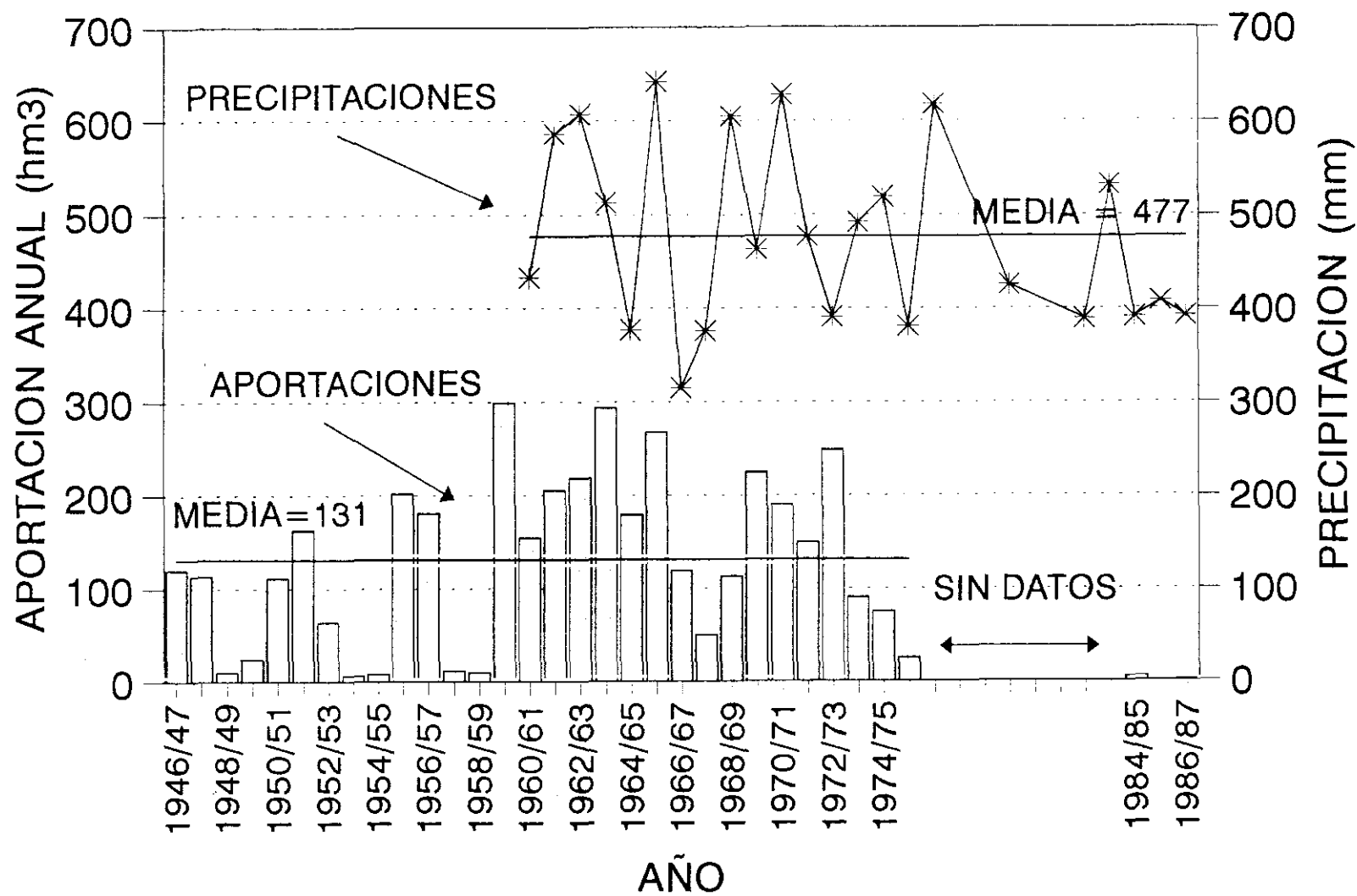


Fig. 2.1.p.- Precipitaciones y aportaciones anuales del Cigüela en Buenavista

APORTACIONES ANUALES DEL CIGÜELA EN VILLARRUBIA

Estación de aforos nº 904 (actual 204)

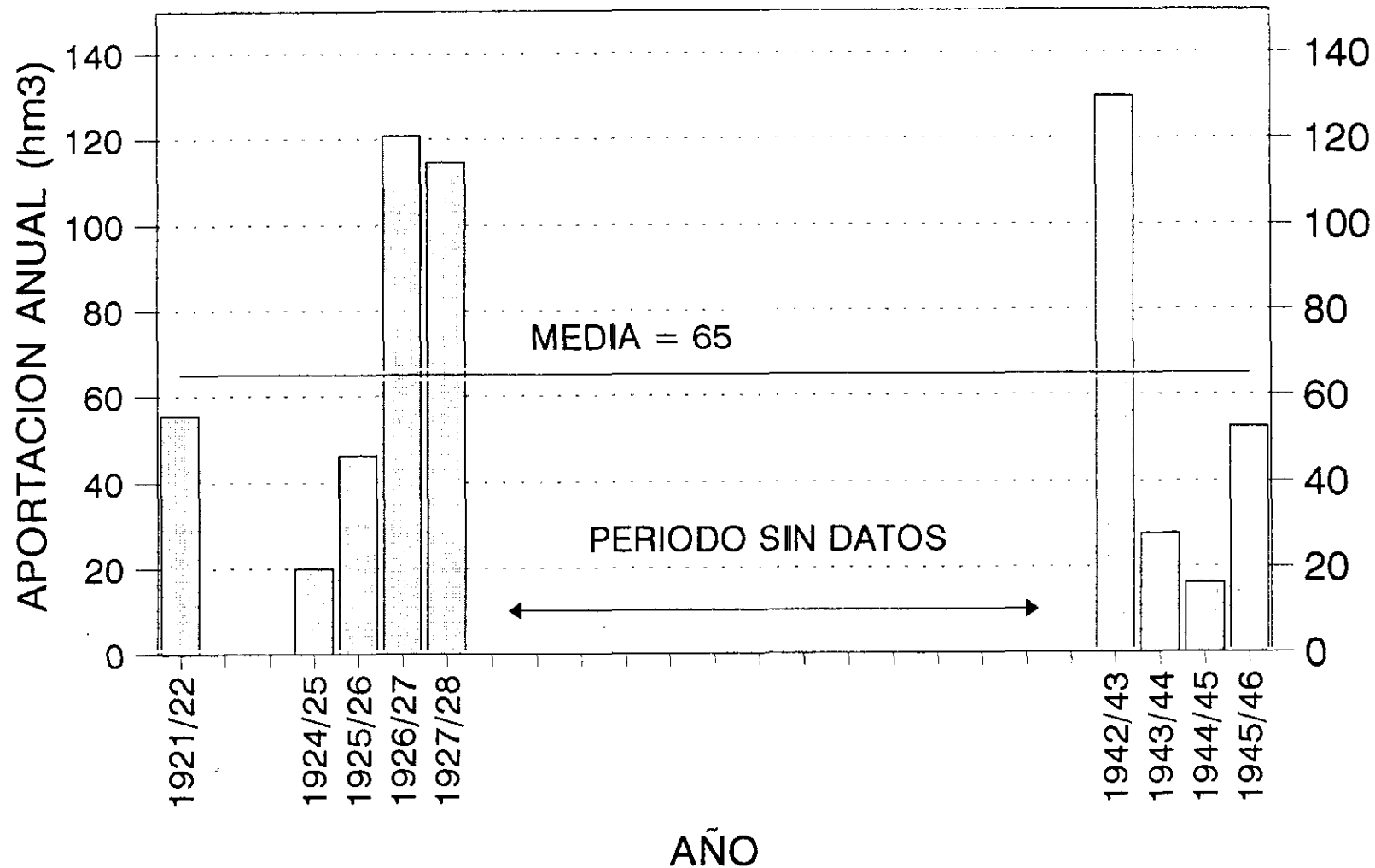


Fig. 2.1.q.- Aportaciones anuales del Cigüela

APORTACIONES DEL RIO CIGÜELA EN VILLARRUBIA DE LOS OJOS

Estación de aforos nº 904 (nº204 actual)

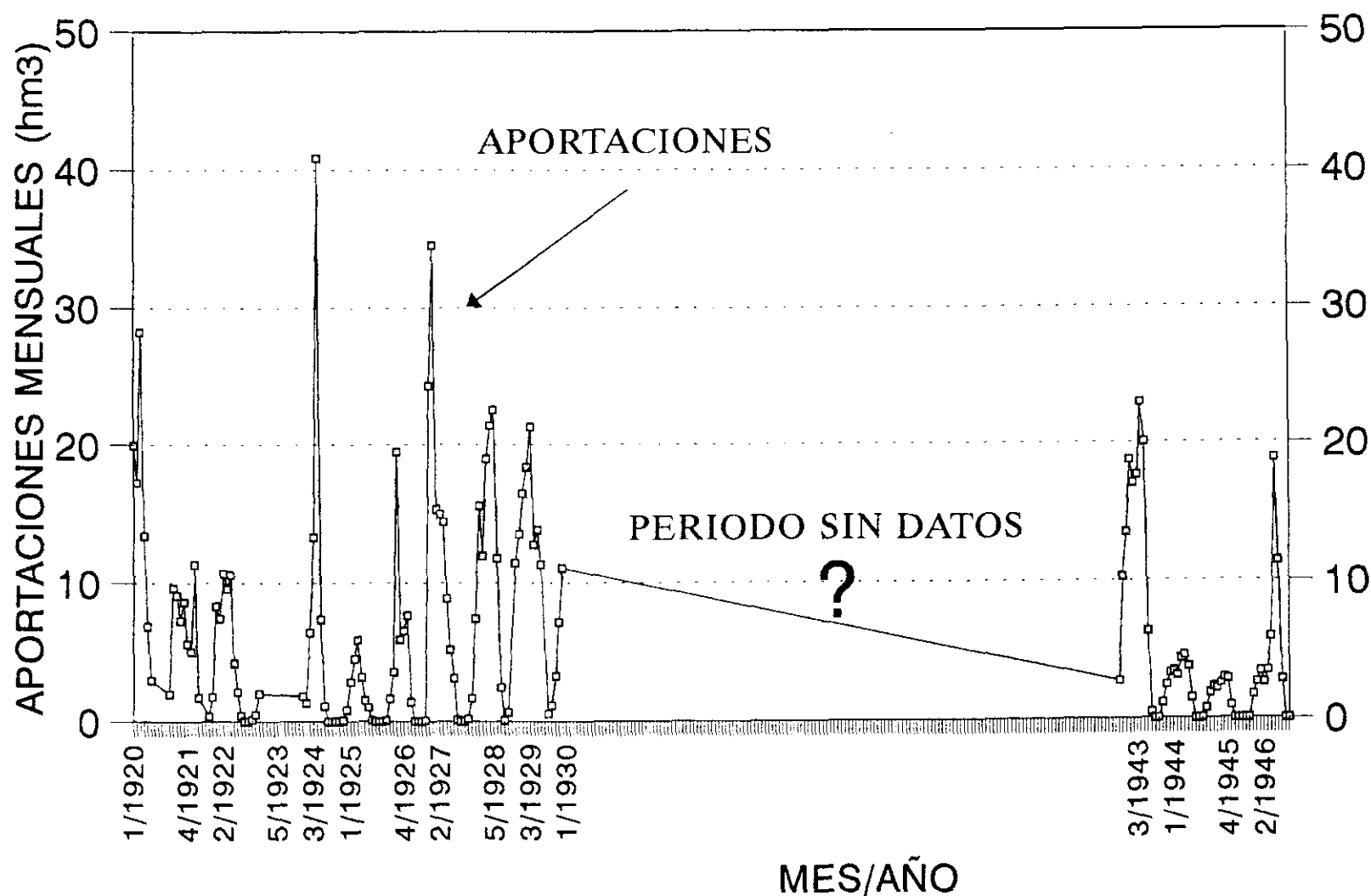


Fig. 2.1.r.- Aportaciones mensuales del Cigüela

2.1.4.4.- Estudio de la hidrología del río Guadiana

Al hablar del río Guadiana, con facilidad se cometen errores al no quedar claro del tramo que se está hablando. Este río nace en la "Fuente del Ojuelo" al noreste de Viveros (Albacete), donde mantiene el nombre de río Pinilla hasta alcanzar las Lagunas del Ruidera. En este tramo, la pendiente del río es del seis por mil (ITGE, 1989). Aguas abajo de las lagunas del Ruidera, cruzaba transversalmente la Llanura Manchega y se unía con el río Cigüela antes de la estación de aforos nº 203 (figura 2.1.g). En este recorrido el Guadiana tenía una pendiente del tres por mil y era de caracter perdedor. La mayor parte de su caudal se infiltraba en el acuífero de la Llanura Manchega, llegando incluso a desaparecer antes de su confluencia con el río Cigüela.

Tradicionalmente se decía que este río desaparecía (al atravesar la Llanura Manchega) y volvía a aparecer en los "Ojos del Guadiana", situados unos 30 km al SW de la confluencia con el Cigüela. Los "Ojos de Guadiana" eran un conjunto de manantiales que junto con las Tablas de Daimiel eran la principal zona de descarga del acuífero de la Llanura Manchega.

Para evitar confusiones, cuando hablemos del Guadiana en el tramo entre el embalse de Peñarroya y el río Cigüela, lo denominaremos "Canal de Guadiana" y cuando hablemos del "Guadiana", nos estaremos refiriendo al tramo comprendido entre los primeros "Ojos del Guadiana" y las Tablas de Daimiel (figura 2.1.g).

El Guadiana aguas abajo del PNTD, donde está situada la presa de Puente Navarro, queda fuera de los objetivos de esta Tesis y no vamos a comentar su régimen.

Estación de aforos de Atajadero (nº 906)

En el último anuario de aforos (MOPTMA, 1993) figuran los datos de aforos

existentes en las estaciones de Atajadero (nº 906), situada en el antiguo canal del Guadiana, y de Zuacorta nº 909, situada en los Ojos del Guadiana.

En la figura 2.1.s hemos representado las aportaciones mensuales del "Canal de Guadiana" a la estación de Atajadero nº 906, que tiene una superficie de cuenca de 1107 km². La forma del hidrograma de estas aportaciones parece indicar que en este tramo el Guadiana era un río principalmente ganador, aunque a falta de más y mejores datos no puede hacerse esta afirmación con plena seguridad.

Los picos del hidrograma parecen corresponden a la esorrentía superficial, que se verían favorecidos, en principio, por periodos de mayores precipitaciones. Entre 1913 y 1931 la serie de datos es relativamente completa, aunque por su antigüedad, como ya se dijo al comienzo del capítulo, no demasiado fiable. En cualquier caso estos datos parecen reflejar la situación en un régimen natural cuando todavía no se habían iniciado los regadíos ni en la Llanura Manchega ni en Campos de Montiel, ni se había construido todavía el embalse de Peñarroya.

Entre 1931 y 1942 en el registro de datos es incompleto. Entre 1942 a 1946 las aportaciones del río son muy inferiores a las que teníamos en años anteriores y no conocemos a que puede deberse. Quiza la estación sufrira algún tipo de perturbación que no permitiera registrar datos fidelignos en ese periodo.

La aportación media anual (ver figura 2.1.t) a la estación nº 906 en el periodo 1915/16-1930/31, considerando sólo los años completos, es de 115 hm³, con un valor máximo de 203,9 hm³ (año 1926/27). Una vez más reiteramos que los datos de esta estación de aforos deben considerarse sólo como "simbólicos", ya que por su antigüedad, corto periodo de años que considera y vacíos que presenta en su serie, no ofrece seguridad para dar una correcta interpretación.

Estación de aforos del Molino de Zuacorta (E.909)

En la figura 2.1.u se representan las aportaciones mensuales del Guadiana en Molino de Zuacorta (E. 909) entre octubre de 1914 y junio de 1931. En principio, la mayor parte de la aportación a esta estación debería ser de origen subterráneo. Los distintos picos del hidrograma podrían reflejar las precipitaciones caídas aguas arriba de los "Ojos", que se infiltran y descagan en esta zona. Esta idea debe considerarse sólo como una hipótesis pues no se han contrastado con datos de precipitaciones. Los valores mínimos que se reflejan en este hidrograma son demasiado extremos y parece que se trata de un error en la lectura de la curva de gastos o de escritura.

La aportación media anual de los años completos (ver figura 2.1.v) del Guadiana en Zuacorta era de 72 hm^3 , con un máximo de 97 hm^3 (1919/20) y mínimo de 50 hm^3 (1920/21). Estos caudales parecen razonables, si tenemos en cuenta que desde los primeros "Ojos" del Guadiana hasta el Molino de Zuacorta, existían numerosos manantiales con caudales que oscilaban entre 2 y $6 \text{ m}^3/\text{s}$ para el periodo de años representado (datos del CEDEX).

Para conocer la aportación total del Guadiana al PNTD en régimen natural, hay que tener en cuenta la aportación del río Azuer y de los restantes "Ojos" del valle del Guadiana situados aguas abajo de la estación de Zuacorta. No se dispone de los mismos años para las series de aportaciones del Guadiana en Zuacorta y Azuer en Daimiel lo que dificulta conocer cuál era la aportación real total del Guadiana al PNTD en Molino Molemocho.

Si consideramos para el Azuer el periodo 1948/49-1964/65 cuando todavía no había afecciones por regadíos, y para el Guadiana en Zuacorta el periodo 1914-1931, las aportaciones medias eran de 20 hm^3 y 72 hm^3 respectivamente. Estas medias corresponden a series de años muy cortas y no pueden considerarse como datos precisos, pero pueden servir para dar unos órdenes de magnitud de las aportaciones del río al PNTD. Así pues, con los datos disponibles

parece que el Guadiana aportaba inmediatamente después de la confluencia con el río Azuer un caudal del orden de unos 90 hm³/año.

Además, en el tramo comprendido entre la confluencia Guadiana y Azuer, y Molino Molemocho, con una longitud de 9 km, existían una serie de manantiales que por las características geológicas de la zona y por lo que cuentan los habitantes del lugar, eran también caudalosos y debían aportar como mínimo otros 10 hm³/año. En este tramo existían además otras aportaciones procedentes del arroyo de Navaseca, que a su vez drenaba la laguna del mismo nombre. Estos últimos aportes no están cuantificados.

Según todo lo dicho, parece razonable que la aportación total al PNTD en Molino Molemocho podría ser como mínimo de unos 100 hm³/año. Existía una estación de aforos en Molino Griñón a pocos km de Molino Molemocho tras la confluencia del Azuer y Guadiana, pero en el anuario de aforos no se dispone de esos datos. En los trabajos del SGOP (1982) y EPTISA (1986) hacen un balance hídrico del PNTD para un régimen natural, y dan unas aportaciones anuales a Las Tablas de Daimiel (en Molino de Griñón) de 108 hm³/año y 105 hm³/año respectivamente. Estos valores son muy parecidos a los analizados por nosotros.

La situación actual es muy distinta de la existente en régimen natural. A modo de resumen diremos que la zona comprendida entre los "Ojos del Guadiana" hasta el Parque Nacional Tablas de Daimiel, con una longitud de unos 20 km, ha pasado de ser una zona húmeda de drenaje del acuífero con manantiales que aportaban del orden de 80 hm³/año, a tener el nivel piezométrico unos 30 - 45 m por debajo de la superficie del terreno.

Estación de aforos de Puente Navarro (E.24)

Para finalizar el estudio de las aportaciones superficiales en el área de trabajo, hemos elaborado los datos del MOPTMA (1993) para la antigua estación de aforos nº 24, (Puente Navarro), situada al final de las Tablas de Daimiel.

En la figura 2.1.x se representan los hidrogramas de las aportaciones mensuales del Guadiana en Puente Navarro, para el periodo 1976-84. Se observa una disminución de aportación subterránea a esta estación. En la actualidad la aportación es nula. En 1976, fecha en que comienzan estos datos, la afección al PNTD ya tenía cierta importancia. Aunque no disponemos de datos, es de suponer que en años anteriores la aportación subterránea al Guadiana debía ser aún mayor.

En la figura 2.1.y, se comparan las aportaciones anuales a la estación nº 24 y las precipitaciones que el CEDEX calcula por isoyetas, donde se observa claramente la disminución de las aportaciones del Guadiana a partir de 1977/78, mientras que las precipitaciones varían poco.

El balance hídrico del PNTD en régimen natural y perturbado (actual) se describirá en el capítulo 3.5.4.

APORTACIONES DEL RIO GUADIANA EN ATAJADERO. (Estación de aforos nº 906)

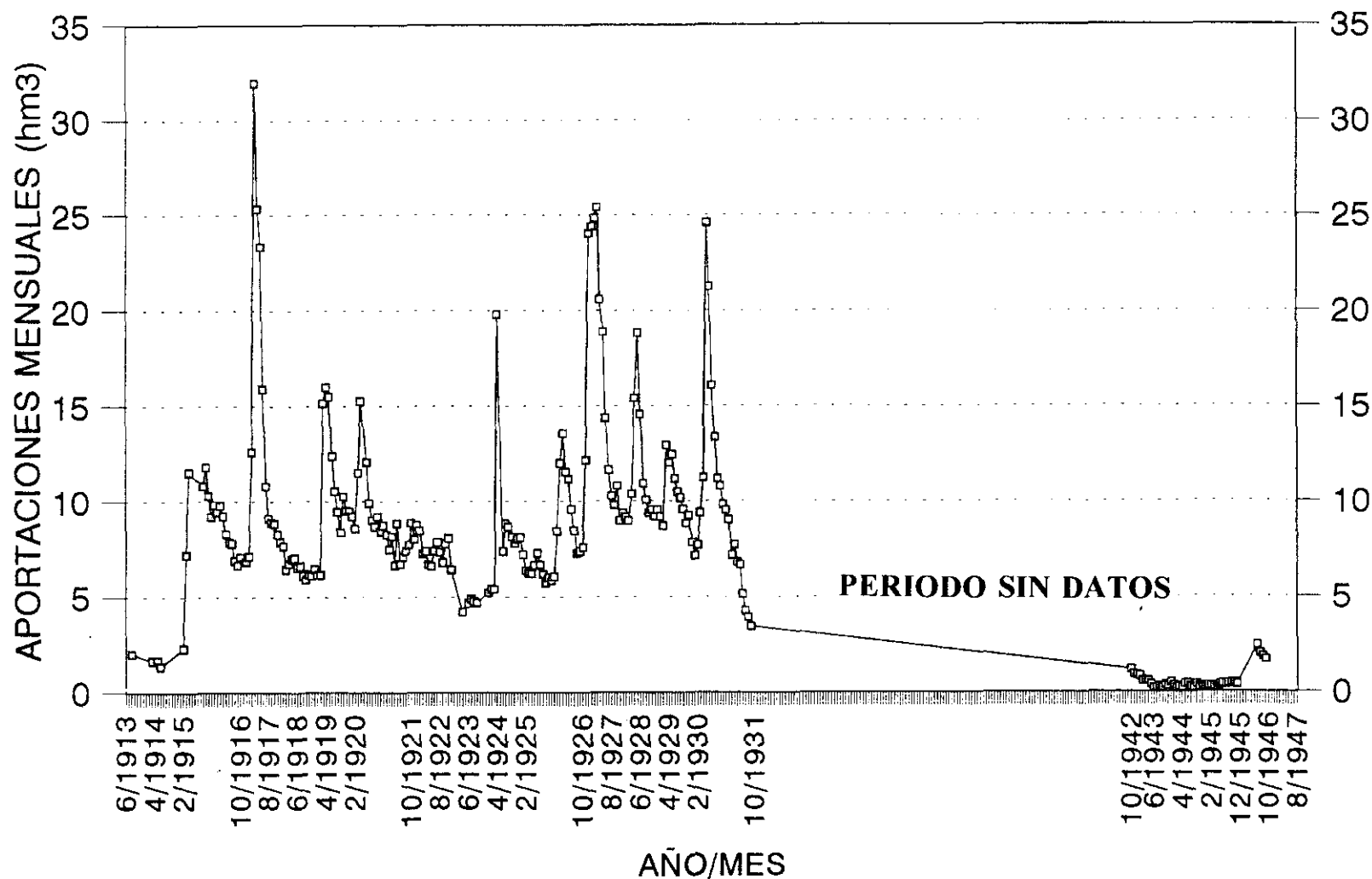


Fig. 2.1.s.- Aportaciones mensuales del Guadiana en Atajadero

APORTACIONES ANUALES DEL GUADIANA EN ATAJADERO (Estación de aforos nº 906)

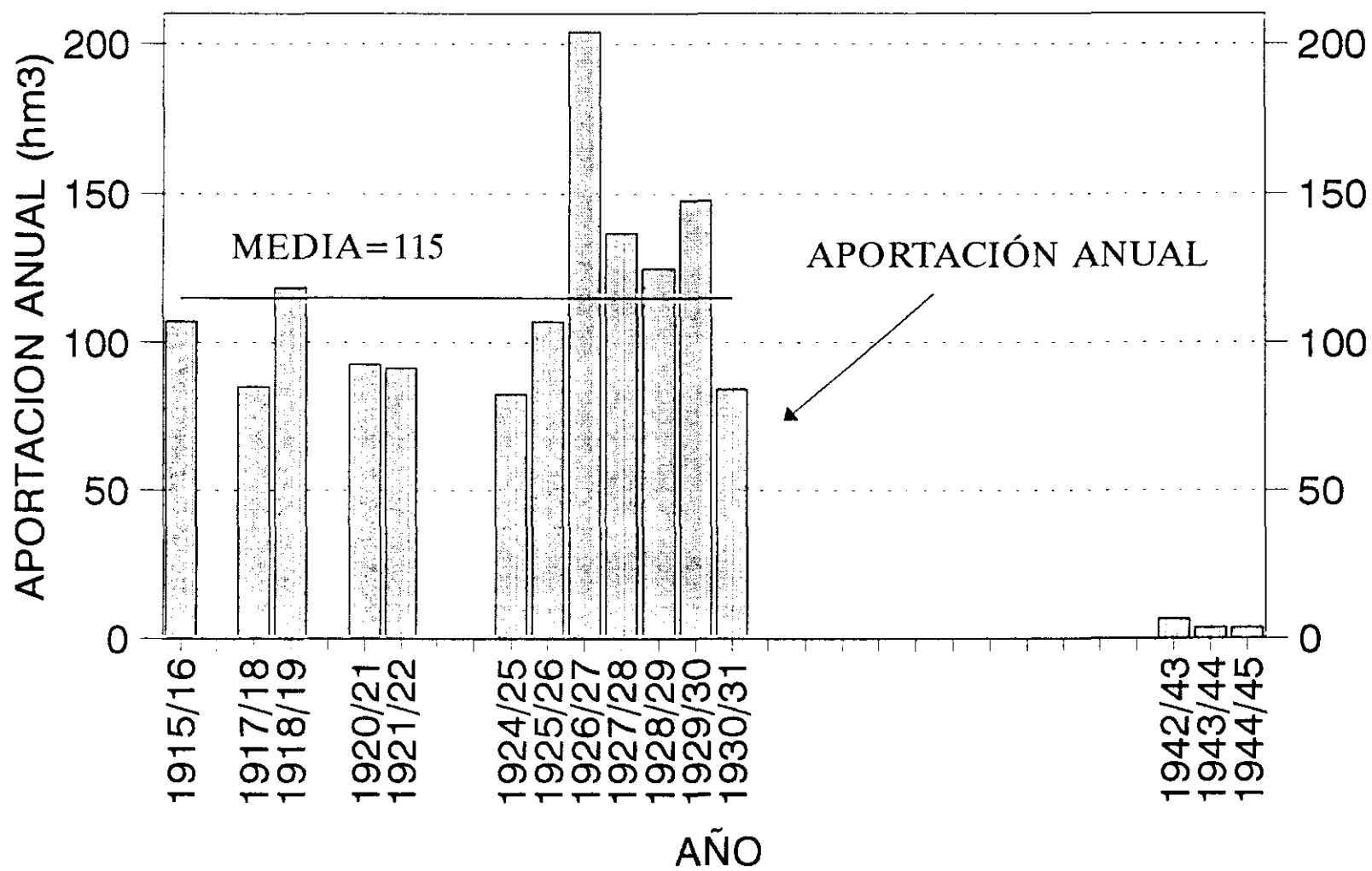


Fig. 2.1.t.- Aportación anual del Guadiana en Atajadero

APORTACIONES DEL RIO GUADIANA EN ZUACORTA. (Estación de aforos n° 909)

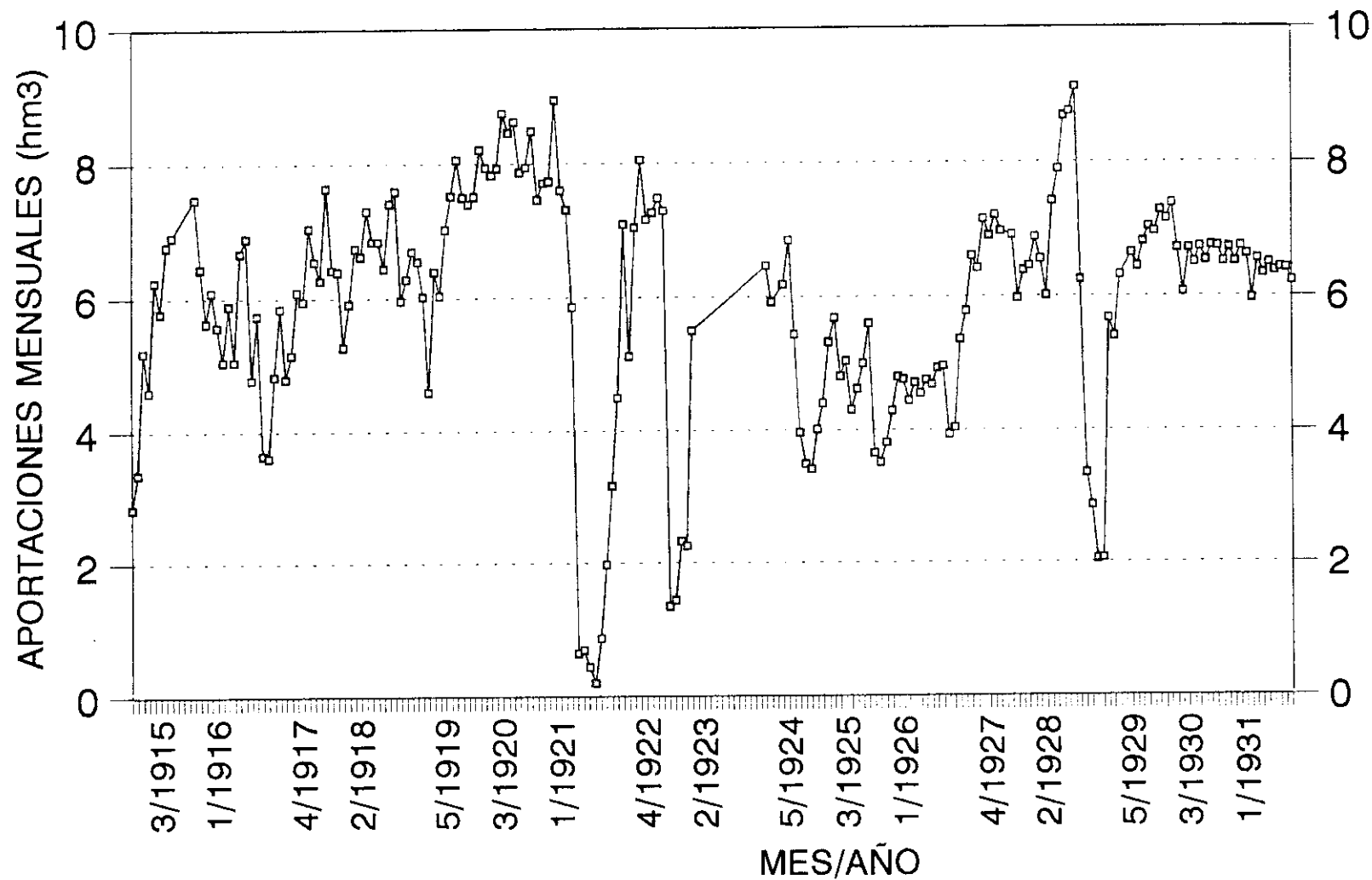


Fig. 2.1.u.- Aportaciones mensuales del Guadiana en Zuacorta

APORTACIONES ANUALES DEL GUADIANA EN ZUACORTA (Estación de aforos n° 909)

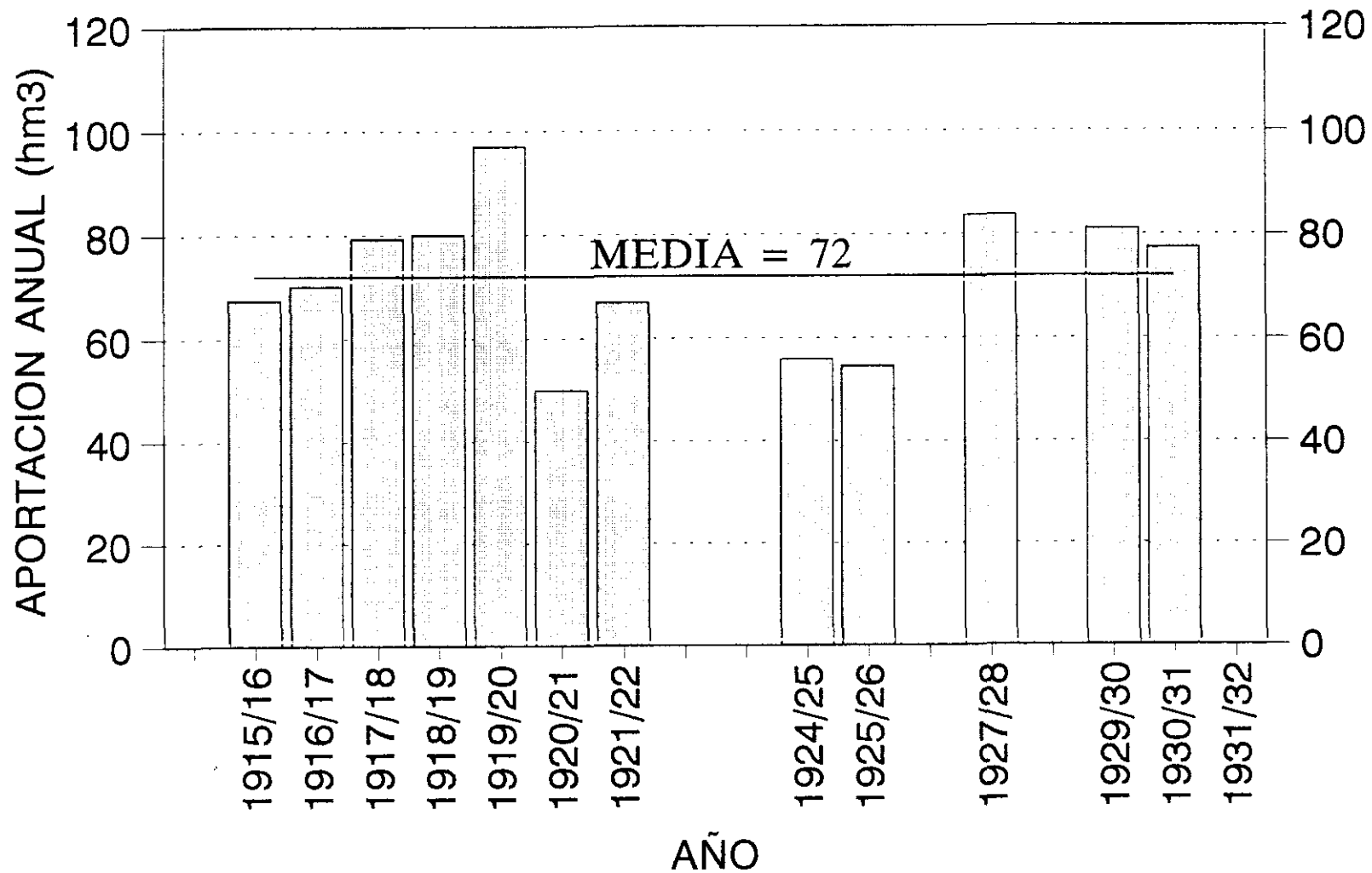


Fig. 2.1.v.- Aportación anual del Guadiana en Zuacorta (E. 909)

APORTACION DEL RIO GUADIANA EN PUENTE NAVARRO. (Estación de aforos n° 24)

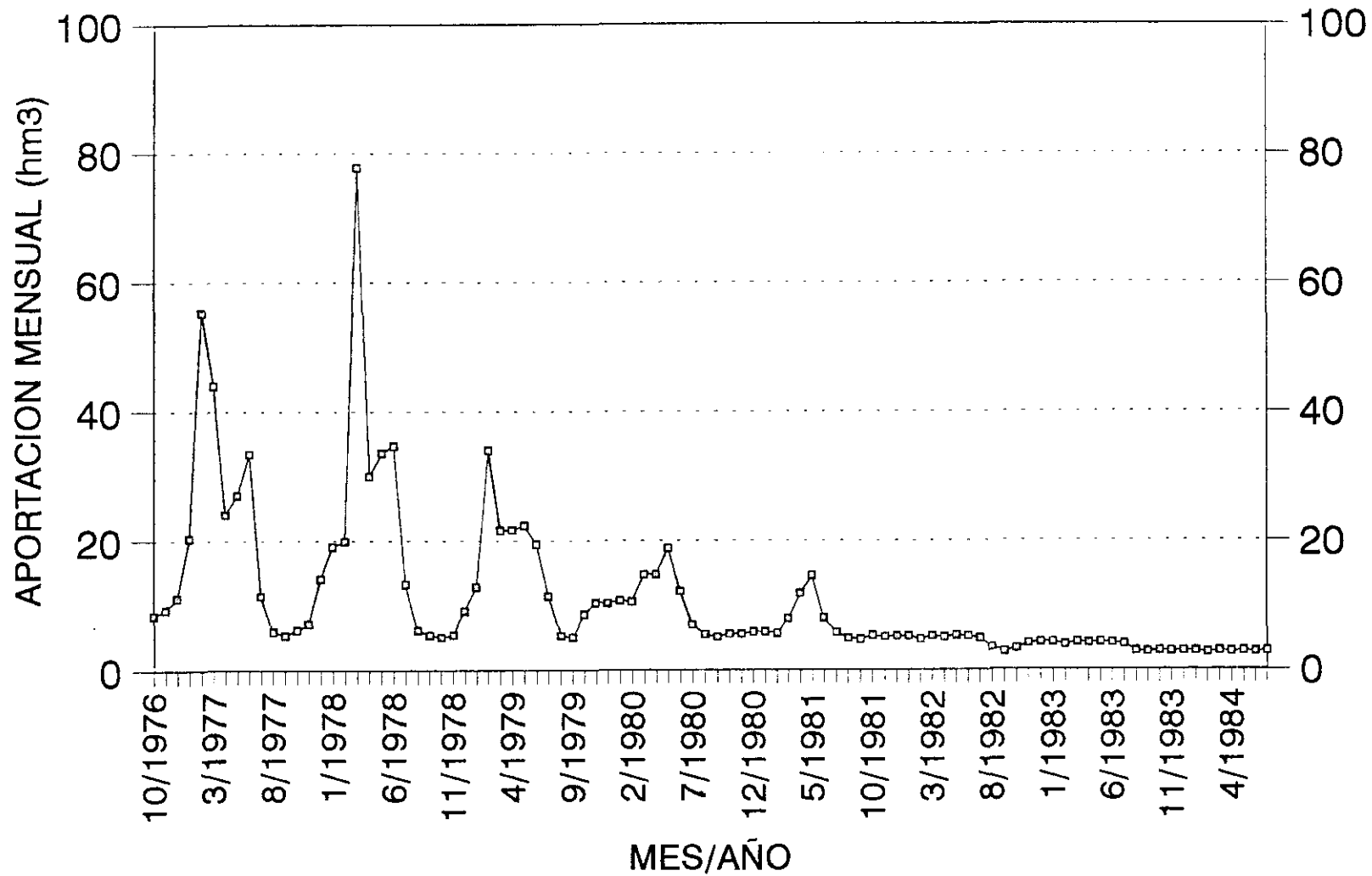


Fig. 2.1.x.- Aportación mensuales del Guadiana en Puente Navarro

LLUVIAS Y APORTACIONES ANUALES DEL GUADIANA EN PUENTE NAVARRO (Estación de aforos nº 24)

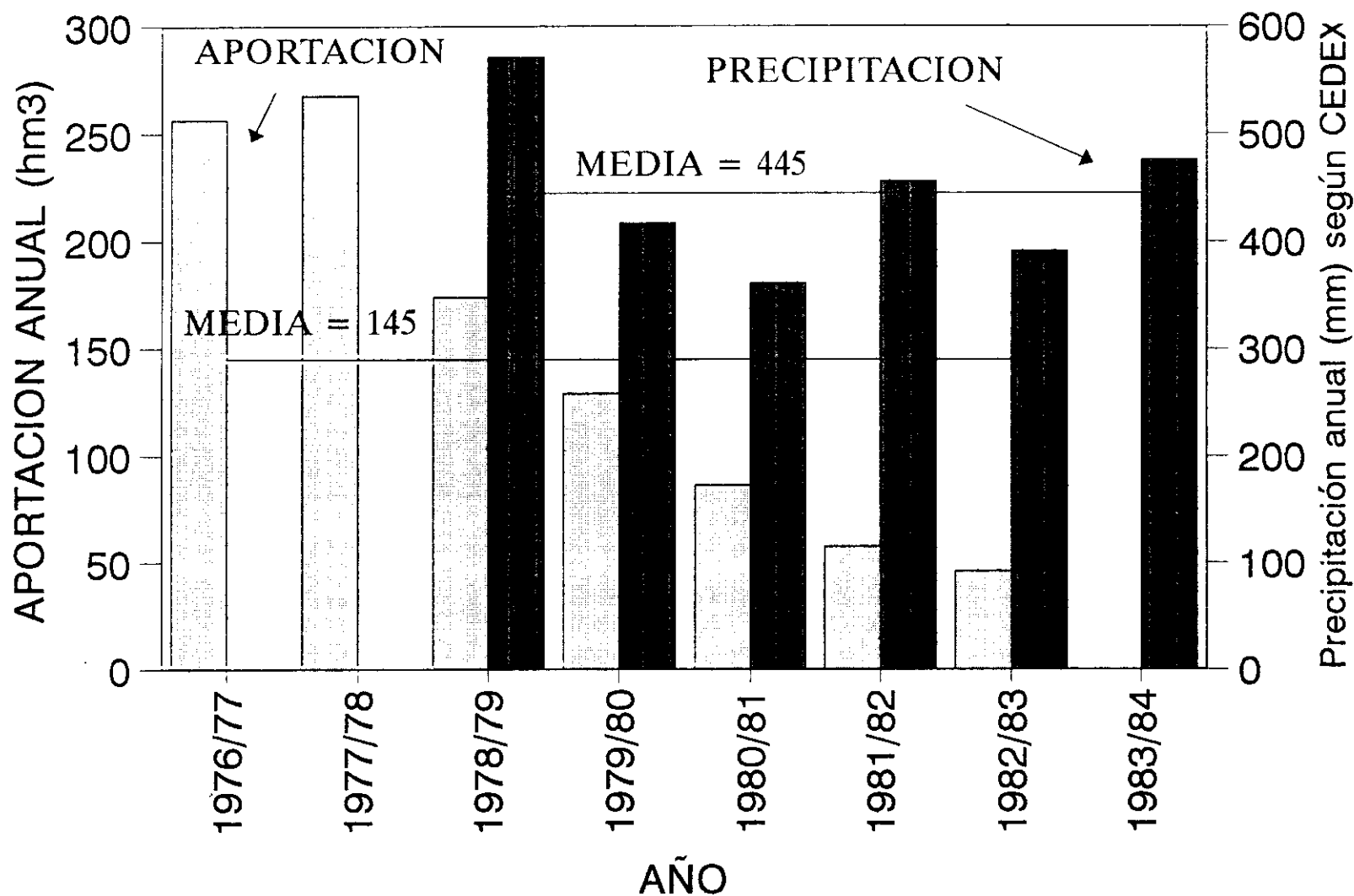


Fig. 2.1.y.- Aportación anual del Guadiana en Puente Navarro

2.2.- MARCO HIDROGEOLOGICO GLOBAL

El "Acuífero de la Mancha Occidental" o "Unidad Hidrogeológica 04.04", ocupa una superficie del orden de unos 5.500 km² en la submeseta meridional castellana. Está formado por dos unidades hidrogeológicas, separadas por un nivel intermedio detrítico que actúa como acuitardo (Fig. 2.2.a y 2.2.b).

Este sistema acuífero ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación por parte del SGDGOH y del ITGE. Los abundantes estudios realizados en esta región, pueden deberse en parte, a los problemas de tipo económico y social existentes, ya que una buena parte de la población manchega vive de la agricultura, y para ello hace falta conocer los recursos hídricos disponibles.

Como dato a tener en cuenta, a pesar de todos los trabajos realizados en esta zona, todavía quedan muchas incógnitas por resolver, y por el momento en ninguno de los trabajos existentes se ha hecho una buena correlación estratigráfica que permita conocer los cambios espaciales y la geometría de los cuerpos sedimentarios en profundidad. Parece que la línea de investigación que debería seguirse en trabajos futuros debería ir encaminada al estudio de la disposición de la "unidad hidrogeológica inferior" definida de modo muy general en trabajos anteriores. Para ello se requiere la realización de numerosos sondeos profundos (200 - 300 m) que permitan hacer una interpretación fiable.

En este capítulo explicaremos los rasgos generales más significativos de las unidades hidrogeológicas que forman este gran acuífero a partir de los trabajos existentes. El estudio detallado de las condiciones de contorno geológicas e hidrogeológicas de este acuífero, está siendo objeto de la Tesis Doctoral de José María Esnaola, realizada desde este mismo Departamento de Geodinámica de la U.C.M, quien tiene previsto finalizar en breve tiempo. Este trabajo será sin duda una valiosa aportación para el conocimiento del acuífero, en la línea de investigación que se mencionaba anteriormente.

2.2.1.- Unidad hidrogeológica superior

Según el ITGE (1989) esta unidad se extiende por casi unos 3000 km² de la superficie total del sistema. Está formada por calizas y calizas margosas del Mioceno Superior, por materiales detríticos del Plioceno y Cuaternario, además de materiales volcánicos relacionados con ellas. En general forman un conjunto muy heterogéneo con un espesor medio de 35 m y potencias máximas de hasta 200 m en el centro de la cuenca. La geometría de esta unidad sólo está definida de un modo general, y en ITGE (1989) se representan figuras esquemáticas y no mapas reales de su estructura disposición.

En el borde sur estos materiales carbonatados se acuñan, y sobre ellos se han instalado niveles detríticos procedentes de la erosión de Campos de Montiel (fig. 2.2.c). Estos materiales están conectados hidráulicamente y se consideran conjuntamente como el acuífero superior carbonatado (ITGE, 1989; De la Hera, A., 1993).

Geográficamente la unidad hidrogeológica superior se extiende por los alrededores de Daimiel, Arenas de San Juan, Villarta de San Juan, sur de Puerto Lápice y Alcazar de San Juan y norte de Tomelloso (figura 2.1.a).

Parámetros hidrogeológicos

Los niveles detríticos del Plioceno y Cuaternario de esta unidad, tienen una transmisividad que oscila entre 0 y 500 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de 10⁻¹ y 10⁻².

En las formaciones calcáreas del Mioceno Superior, la transmisividad varía entre 50 y 20.000 m²/día y el coeficiente de almacenamiento entre un 1% y un 2%, siendo el valor medio de un 1,5% (Niñerola et al., 1976; SGOP, 1982b).

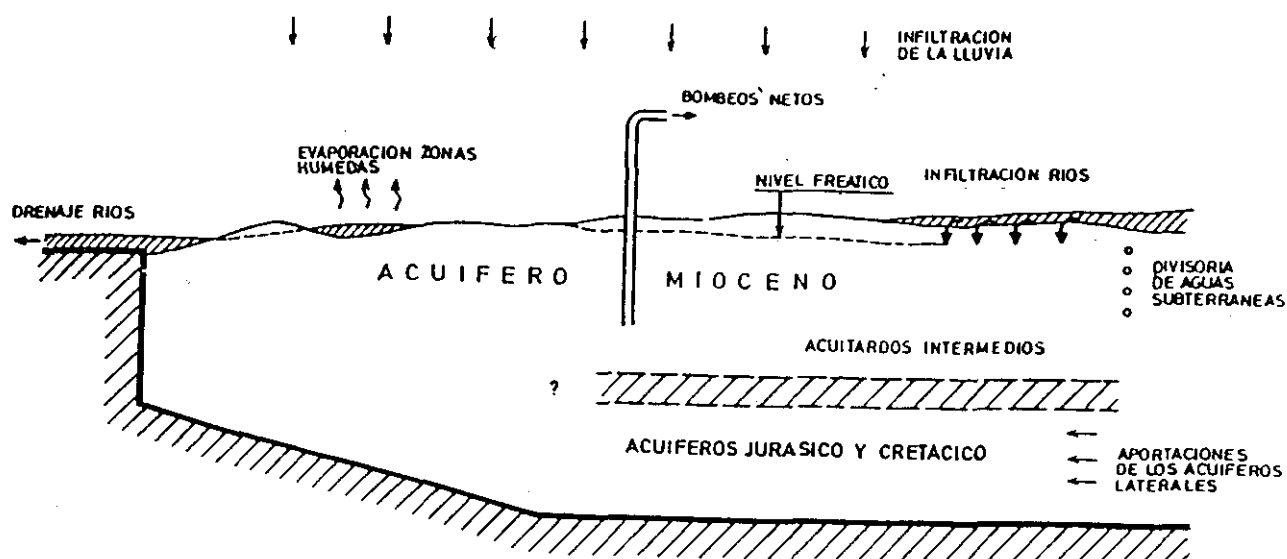


Fig. 2.2.a.- Esquema del funcionamiento global del sistema (Según SGOP, 1982)

* LAS DIMENSIONES RELATIVAS NO TIENEN TRADUCCION GEOLOGICA

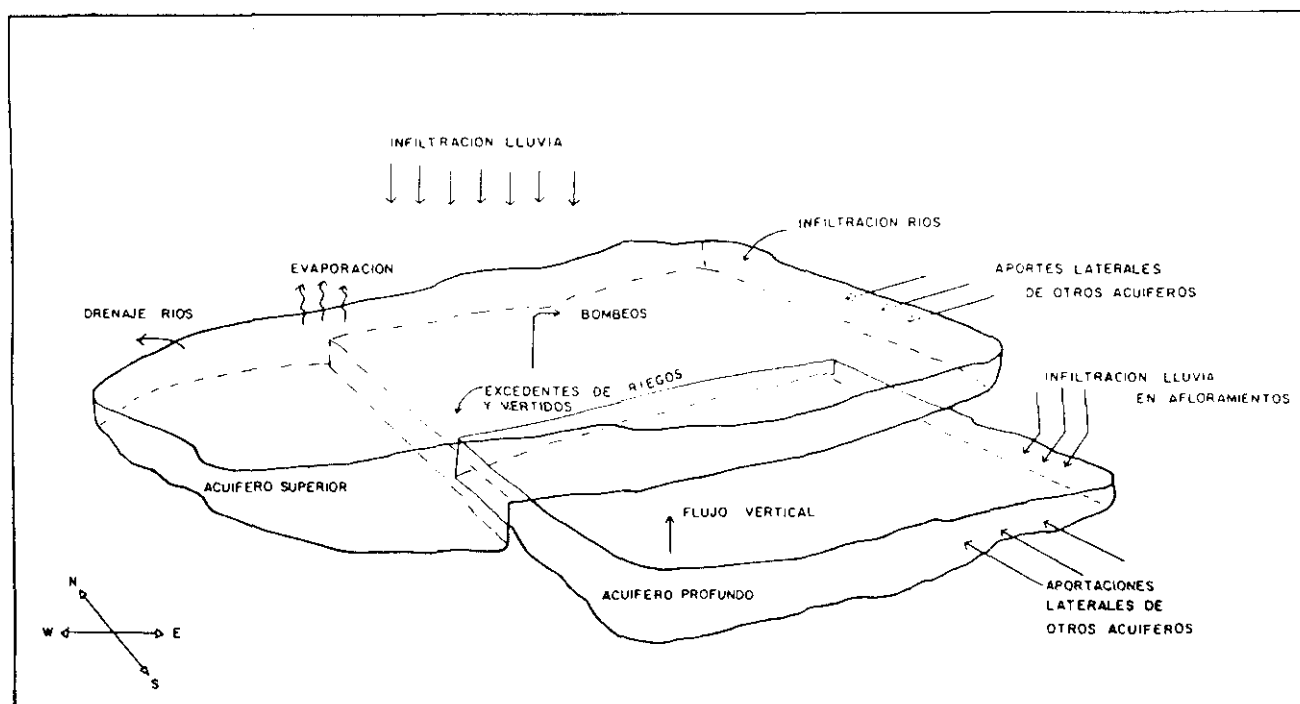
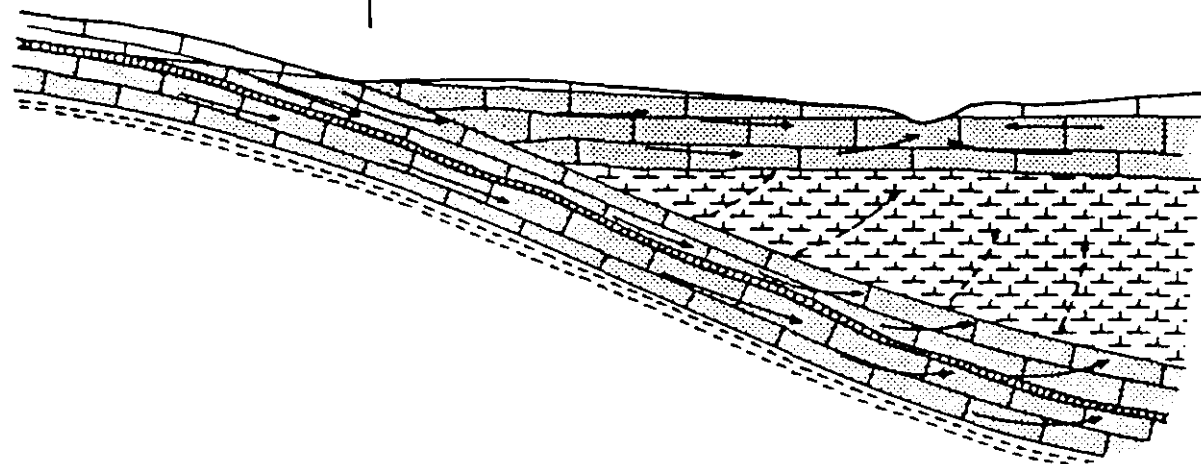


Fig. 2.2.b.- Esquema de recarga y descarga de los acuíferos (Según SGOP, 1982)

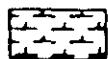
S

N

SISTEMA ACUIFERO Nº 24 ← SISTEMA ACUIFERO Nº 23



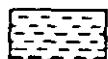
TERCIARIO CALIZO. PERMEABLE



TERCIARIO MARGOSO. SEMIPERMEABLE.



MESOZOICO CALIZO. PERMEABLE. INTERCALACIONES SEMIPERMEABLES



TRIASICO. MESOZOICO ARCILLOSO. IMPERMEABLE



ROCA PERMEABLE SATURADA DE AGUA



SENTIDO DE LA CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA A TRAVES DE ROCAS SEMIPERMEABLES

Fig. 2.2.c.- Relación entre los sistemas acuíferos de Campos de Montiel y de la Llanura Manchega (ITGE, 1989)

Funcionamiento

El funcionamiento hidrogeológico actual de esta unidad difiere bastante de su funcionamiento en régimen natural, principalmente como consecuencia de la explotación intensiva que ha tenido el acuífero de la Llanura Manchega durante las últimas dos décadas.

En términos generales se trata de un acuífero libre con una dirección de flujo subterráneo Este-Oeste. Los aportes de agua a esta unidad hidrogeológica se producen por (SGOP, 1988,e):

- Infiltración directa del agua de lluvia.
- Infiltración del agua de los ríos al llegar a la Llanura Manchega.
- Infiltración de excedentes de riegos.
- Infiltración de vertidos urbanos.
- Aportaciones de los acuíferos de la Sierra de Altomira y Campos de Montiel, ya sea lateralmente o desde el acuífero profundo.

Las descargas de esta unidad se producen por (SGOP, 1988,e):

- Bombeos para regadíos.
- Extracciones para abastecimiento de núcleos urbanos e industriales.
- Evaporación directa desde las Tablas de Daimiel y otras lagunas.
- Evapotranspiración directa desde el acuífero donde la zona saturada está próxima a la superficie topográfica.

2.2.2.- Nivel intermedio detrítico

Está representado por dos tramos distintos; el superior arcillo - arenoso con yesos, que se extiende por debajo del acuífero superior en casi todo el sistema. El tramo inferior es de conglomerados. En conjunto funciona como un acuitardo con pequeños niveles detríticos que funcionan como acuíferos. Su disposición se

conoce a grandes rasgos, pero no hay ningún trabajo donde se defina ni su extensión y ni los espesores que alcanza en distintas zonas.

2.2.3.- Unidad hidrogeológica inferior

Está representada en el sector oriental de la Llanura Manchega, con una extensión de unos 3.500 km². Está compuesta por formaciones calcáreas y dolomíticas del Jurásico y Cretácico, que son continuación geológica del Campo de Montiel y de la Sierra de Altomira, con los que al parecer tiene conexión hidráulica (ITGE, 1989; Montero González, E., 1994). La potencia total oscila entre unos 100 y 200 m (figura 2.2.c).

Esta unidad no está representada en la zona de Las Tablas de Daimiel tal como se refleja en los perfiles geológicos detallados que hemos elaborado en las figuras 3.5.h a 3.5.o, y que se comentarán en el capítulo 3.5.2.

Parámetros hidráulicos

Las formaciones calcáreas y dolomíticas del Cretácico y Jurásico, en su conjunto tienen una transmisividad que oscila entre 200 y 6.000 m²/día, con un coeficiente de almacenamiento del orden de 4×10^{-3} (Niñerola et al., 1976; SGOP, 1982). Por el momento esta unidad no ha sido estudiada en detalle por organismos oficiales, y probablemente será la Tesis Doctoral de Jose María Esnaola el trabajo más importante para su conocimiento.

Funcionamiento

Se trata de un acuífero de carácter confinado o semiconfinado por la unidad detrítica del Mioceno Inferior. Aunque la geometría y su conexión con la unidad acuífero del Mioceno no se conoce con exactitud, se piensa que la recarga se produce principalmente por la infiltración directa del agua de lluvia caída sobre la Sierra de Altomira y Campos de Montiel. La descarga tiene lugar por drenaje hacia el acuífero superior y por extracciones de pozos.

3.- ESTUDIO DETALLADO DEL ÁREA QUE COMPRENDE EL
PARQUE NACIONAL TABLAS DE DAIMIEL Y LOS OJOS DEL
GUADIANA

3.- ESTUDIO DETALLADO DEL ÁREA QUE COMPRENDE EL PARQUE NACIONAL TABLAS DE DAIMIEL Y LOS OJOS DEL GUADIANA

3.1.- ENCUADRE GEOGRÁFICO

La zona de estudio se encuentra ubicada en la cuenca alta del Guadiana, dentro de la provincia de Ciudad Real. Comprende parcialmente los terminos municipales de Daimiel, Villarrubia de los Ojos, Malagón, Fuente del Fresno, Torralba de Calatrava, Carrión de Calatrava, Villarta de San Juan y Manzanares (fig. 2.1.a. y 3.2.a).

Queda incluida en las siguientes hojas topográficas E: 1/50.000:

- Hoja nº 760 (19 - 30) - Daimiel.
- Hoja nº 761 (20 - 30) - Llanos del Caudillo.
- Hoja nº 737 (19 - 29) - Villarrubia de los Ojos.
- Hoja nº 738 (20 - 29) - Villarta de San Juan.

Los límites de la zona estudiada se sitúan aproximadamente entre las coordenadas 39° 00' y 39° 20' de latitud Norte y entre 3° 15' y 3° 50' de longitud Oeste.

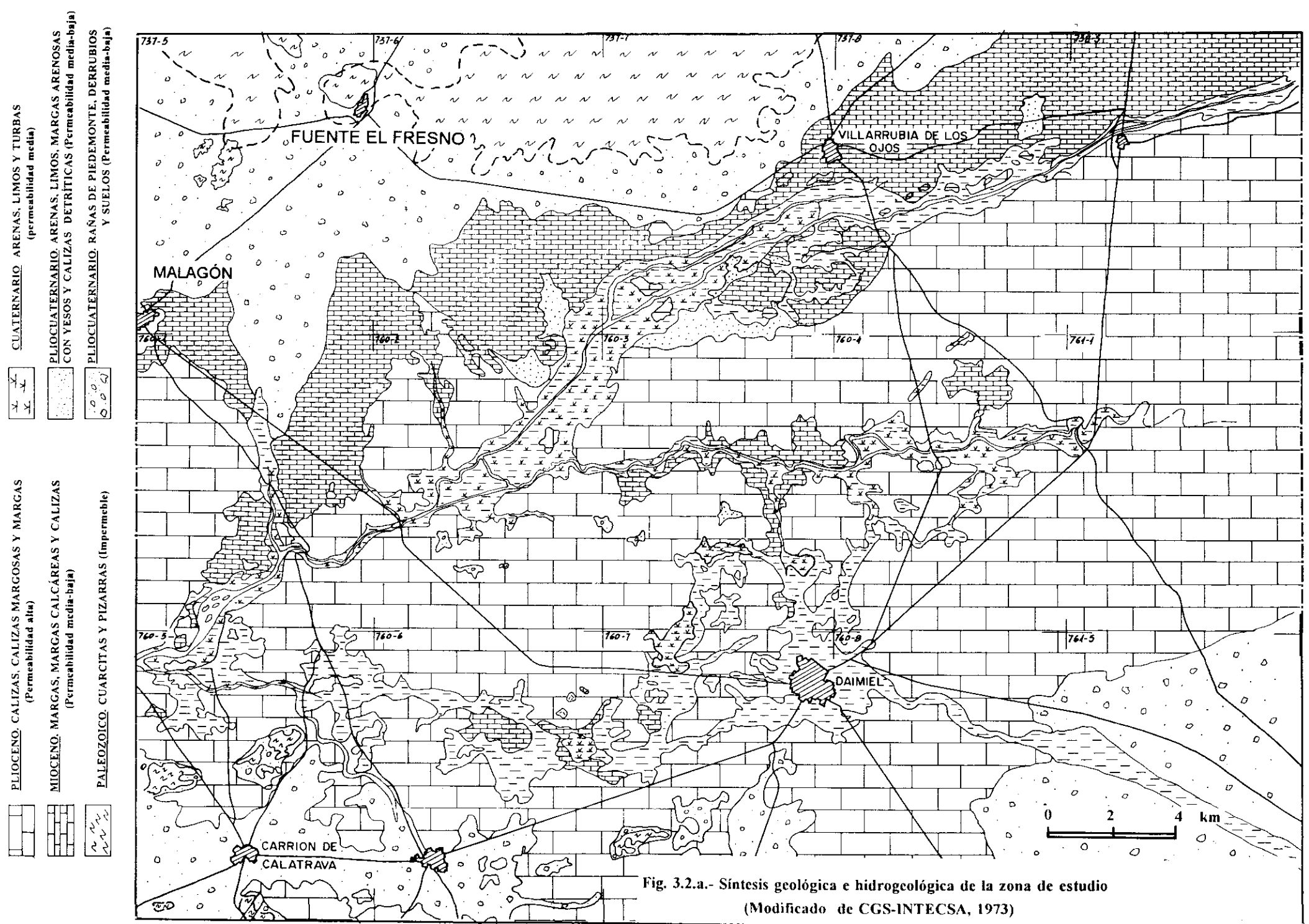
La superficie topográfica tiene en la mayor parte de la zona de estudio un relieve extraordinariamente suave con una altitud respecto al nivel del mar que oscila entre 600 y 650 m.

Las cotas más elevadas corresponden a las estribaciones de los Montes de Toledo que constituyen los bordes norte y noroeste de la Llanura Manchega. De este a oeste, este límite queda definido por las sierras de la Cueva, Calderina y Piedras Blancas.

El límite oeste de la zona estudiada, coincide con el borde más oriental de

la Llanura Manchega . Está formado, al igual que el borde norte, por materiales del ordovícico con estructuras tectónicas de direcciones predominantes NW-SE y W-E, que definen una poligonal entre las poblaciones de Malagón , Fernancaballero y Carrión de Calatrava al Suroeste.

El límite Sur del área de estudio se sitúa en la zona de transición entre la Llanura Manchega y Campo de Calatrava. Está representado por algunos conos volcánicos y relieves residuales paleozoicos.



3.2.- GEOLOGÍA

El estudio geológico propiamente dicho, ha consistido en el análisis de toda la documentación disponible tal como se exponía en el apartado 1.3

Como caso particular, para conocer en detalle la geometría y características de los materiales cuaternario que ocupan el antiguo cauce del río Guadiana, se han hecho numerosas salidas al campo, donde se ha contado con la ayuda de calicatas realizadas con buldozer.

En relación con el interés de esta Tesis, las características geológicas de los materiales paleozoicos, son las que ya se comentaron en el apartado 2.1.2 y que no volveremos a repetir. Para mayor información, el lector interesado puede encontrar información más detallada sobre estos materiales en los trabajos de Lotze (1956) y Bouyx (1970), y Rincón P, (1995) donde se recogen todos los trabajos existentes hasta la fecha.

El estudio geológico que hemos realizado en esta zona se ha basado en la correlación de numerosas columnas litológicas mediante perfiles verticales (fig. 3.5.h a 3.5.p). La metodología de trabajo empleada se describió en el apartado 1.3.3.1.(ii). Estos perfiles geológicos-hidrogeológicos serán tratados en el apartado 3.5.2.3 al estudiar la hidrogeología detallada del PNTD.

Uno de los trabajos que ha tenido más importancia desde un punto de vista geológico e hidrogeológico en esta zona, fué el "Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana", realizado por CGS-INTECSA (1975). En la figura 3.2.a puede verse el mapa de las formaciones hidrogeológicas que nosotros hemos elaborado, síntesis del trabajo de CGS-INTECSA y de las cartografías del IGME (1982b y 1988). Esta cartografía es sólo un síntesis de otras, y su objetivo es reflejar de forma simplificada los rasgos geológicos generales más destacables de la zona.

A continuación se comentan las características de los materiales que tienen importancia desde un punto de vista hidrogeológico.

3.2.1.- Plioceno y pliocuaternario

Los primeros trabajos sobre estos materiales en la zona de estudio se deben a Cortazar (1880), Alvarado et al. (1931, 1932), y H. Pacheco F. (1932). Estos autores citan una secuencia terciaria de unos 60-70 m, formada por arcillas margosas y arenas con calizas a techo. El trabajo más actual y detallado sobre esta zona son los mapas geológico y geomorfológico de la hoja nº 760, E: 1/50.000 del IGME (1988). En la fig. 3.3.a se representa dicho mapa geomorfológico.

Molina et al. (1972) y Molina (1974 y 1975) citan la existencia de brechas cuarcíticas con cemento ferruginoso bajo estos materiales pliocenos, que reposan sobre el Paleozoico. A esta brechas se las asigna una edad pre-mioceno medio. A la vista de los trabajos que hemos realizado, pensamos que estas brechas se pueden corresponde con las que se describen en la columna del sondeo 19302036 (ver anejo II) y fig. 3.5.h. Esto debe considerarse sólo como una hipótesis pues no disponemos de dataciones que lo justifiquen.

La descripción de los materiales que hacemos a continuación está basada principalmente en el trabajo del IGME (1988).

Los materiales que se encuentran más representados son del Plioceno superior (Villafranchense inferior, medio-basal). Se trata de arenas, fangos arcillas y costras calcáreas. Estos materiales se localizan en el borde noroccidental de la zona de estudio, en la margen derecha de Las Tablas de Daimiel. Hacia el E-SE cambian lateralmente a las calizas y margas del plioceno superior, que constituyen la formación acuífero más importante de la Llanura Manchega. En la zona de tránsito aparecen cristales de yeso. Estos yesos parecen corresponder a los observados en los perfiles que hemos elaborado de las figuras 3.5.h y 3.5.i.

Estos materiales tienen una permeabilidad baja y tienen poca importancia como acuífero. En los mapas de isopiezas, por ejemplo las figuras 3.5.c y 3.5.d, puede verse cómo en la zona NW de Las Tablas, donde aparecen estos materiales, las isopiezas se juntan dando un mayor gradiente, indicando su baja permeabilidad.

El Plioceno superior está representado fundamentalmente por calizas y margas. Sobre las calizas se desarrolla una intensa karstificación, de manera que constituyen la principal formación acuífera. Sus espesores calculados a partir de sondeos y geofísica, varían entre 30 y 100 m en los casos más extremos. En la fig. 3.2.b se representa el muro de la formación carbonatada pliocena (IGME, 1988) dándonos idea de cómo puede ser aproximadamente su configuración en profundidad.

Esta unidad se extiende por toda la zona de estudio con potencia creciente hacia el Este. Está recubierta por costras calcáreas y materiales cuaternarios. Tiene un color gris - crema y presenta una estratificación en capas, con alternancia de niveles margosos y limolitas calcáreas. El IGME, (1988), interpreta éstas como ciclos de expansión y retracción de playas carbonatadas en paso a ambientes lacustres más estabilizados.

En los perfiles de las figuras 3.5.h, i, j, k, y mapa fig. 3.2.a, puede verse cómo en esta unidad acuífero, las margas se localizan en la parte occidental del área de estudio y las calizas predominan hacia el este. Esto va a repercutir sobre las características hidrogeológicas de la zona, influyendo en los rendimientos de los pozos para regadío.

A techo de esta unidad carbonatada del Plioceno superior, de forma local aparecen costras calcáreas del Plioceno-Pleistoceno, que Molina (1974, 1975) interpreta como superficies de erosión S_1 y S_2 , que serán comentadas en el apartado 3.3.1. Estas costras no se han reflejado en la síntesis geológica que hemos elaborado (fig. 3.2.a) pero sí están cartografiadas en la Hoja nº 760 del IGME (1988), fig. 3.3.a.

3.2.2.- Cuaternario y formaciones superficiales

Los depósitos cuaternarios en la zona de trabajo son muy variados y se distribuyen por todo el área. Los trabajos más importantes sobre estos sedimentos en la zona son los de Molina (1974 y 1975), Pérez González (1981) e IGME (1988).

Están representados por materiales de fondo de valle de los ríos Guadiana, Azuer y Cigüela, por abanicos aluviales y por coluviones principalmente. Existen además, depósitos de fondo de de dolinas y uvalas, y dunas eólicas (fig.3.3.a).

Los materiales de fondo de valle son muy variados e incluyen arenas, limos, carbonatos, cantos de cuarcita, turba, sales, etc... En el apartado 3.4 trataremos en detalle los depósitos de fondo de valle del Guadiana asociados a las turberas.

Los abanicos aluviales se originan en los bordes NW y N procedentes de los relieves paleozoicos. Las edades de estos sedimentos van desde el Pleistoceno inferior hasta el Holoceno. En el borde SE de nuestra zona de trabajo también existen abanicos procedentes del borde más occidental del Campo de Montiel (fig. 2.1.c y 3.2.a).

El trabajo más reciente sobre la evolución sedimentaria dentro del PNTD durante el Holoceno se debe a García Hidalgo et. al. (1995), quienes describen cuatro conjuntos de facies en la evolución sedimentaria, que de más antiguo a más moderno son:

1. Facies arenosas: Esta formada por arenas y cantos subredondeados. Aparecen a partir de 6 o 7 m de profundidad.

2. Facies limosas: Son limos arenosos y limos. Hacia techo aparecen los primeros indicadores de una cubierta vegetal en el sistema.

3. Facies arcillosas : Está constituida por arcillas y arcillas turbosas.

4. Facies organógenas: Son los depósitos más modernos y corresponden a turbas con gasterópodos con espesores entre 2,5 y 3,5 m. Las turbas dominan en la base y hacia el ENE mientras que las ovas hacia techo y WSW.

Estas secuencias pueden interpretarse como el resultado de una etapa fluvial que progresivamente pierde energía hasta pasar a una etapa palustre - lacustre de baja energía donde se generan las turbas.

ISOBATAS DEL MURO DE LA FORMACION CARBONATADA PLIOCENA

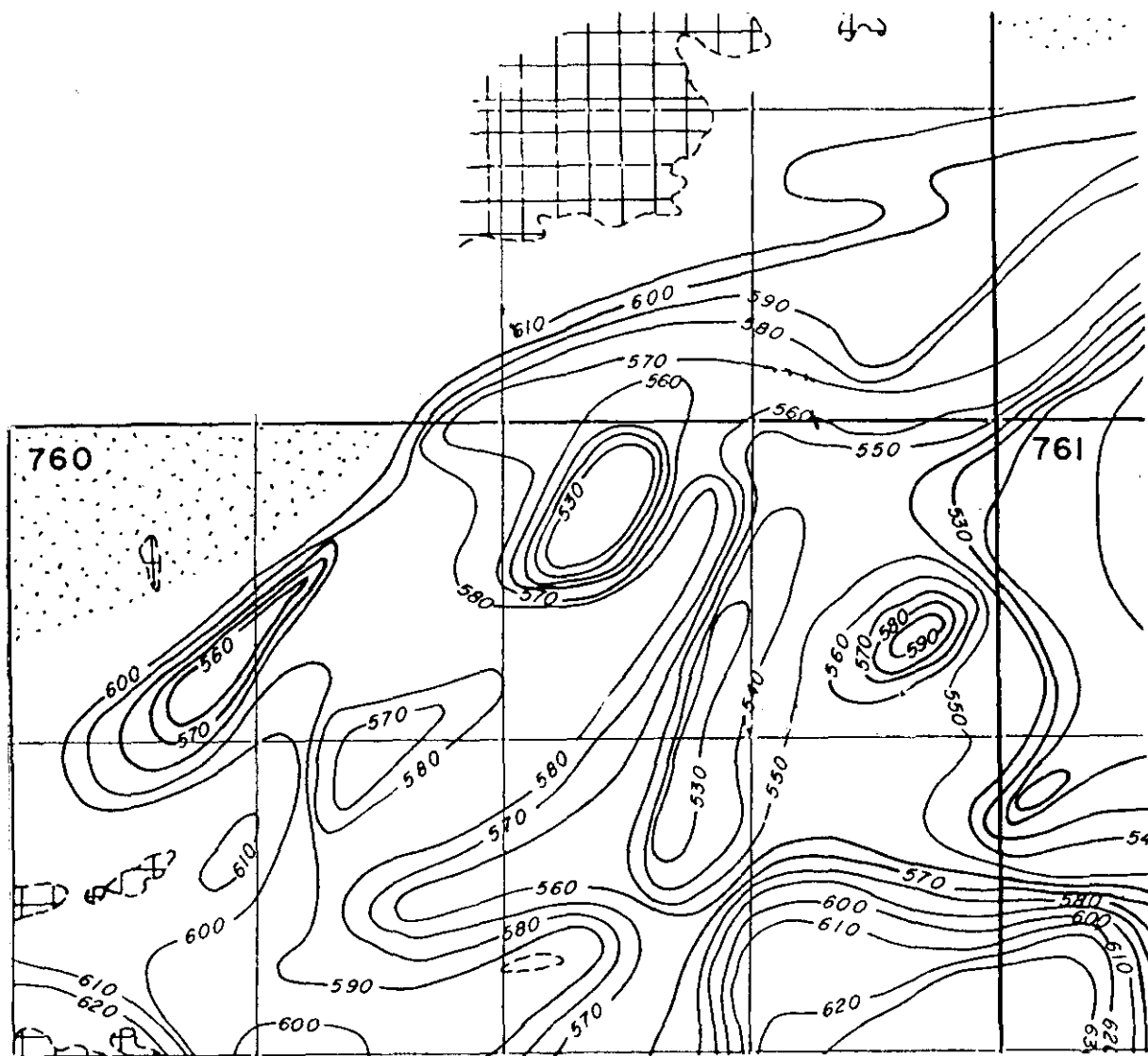
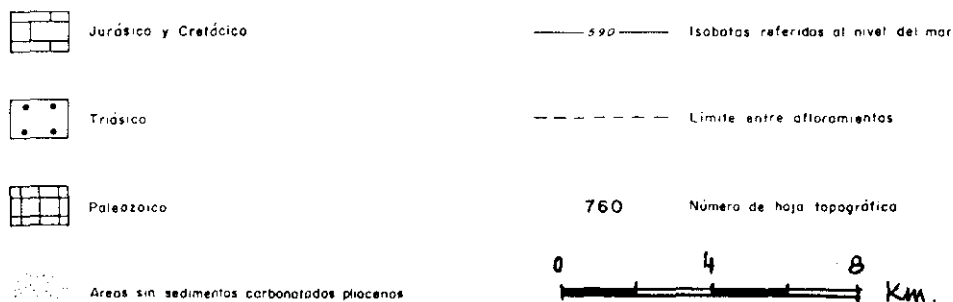
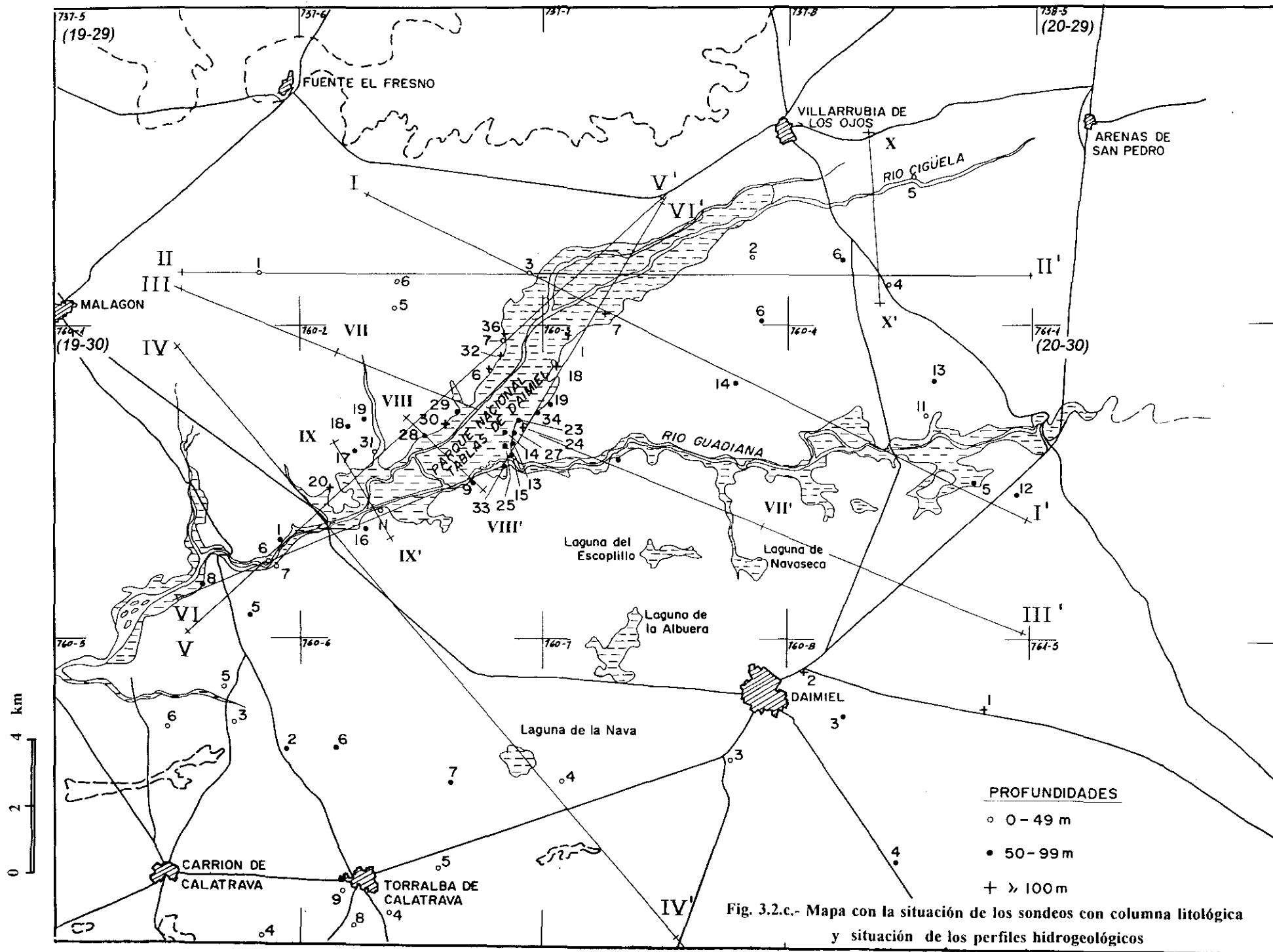


Fig. 3.2.b.- (Según IGME, 1988)





3.3 GEOMORFOLOGÍA

3.3.1. Rasgos generales

Su estudio resulta interesante ya que nos permite explicar procesos tales como la sedimentación, génesis del propio cauce del alto Guadiana, génesis de las superficies de erosión, formación de las turbas, su disposición, etc...

La geomorfología que describiremos se ha realizado a partir de observaciones de campo, fotografía aérea, y otros trabajos tratados en el apartado 1.3.1.

La zona de estudio esta enclavada en la Llanura Manchega y participa en parte, de las características de la zona de transición con Campo de Calatrava. La altitud oscila entre unos 600 y 650 m, encontrándose las cotas más bajas en el cauce del río Guadiana. Al oeste de la zona de estudio se encuentran afloramientos Paleozoicos que constituyen un límite natural del acuífero de la Mancha. Este umbral impide el encajamiento del río Guadiana, y favorece la formación de grandes superficies encharcables, como por ejemplo las Tablas de Daimiel. Las laderas que ofrecen los cerros paleozoicos son bastante suaves y estan tapizadas por coluviones (fig.2.1.c).

Los rasgos geomorfológicos más destacables del área de estudio lo constituyen las costras calcáreas, los procesos kársticos y el endorreismo.

La instalación de la superficie de erosión más antigua S₁, definida por Molina (1974,1975), se produjo con anterioridad al depósito de la Raña de los Montes de Toledo, y se le asigna una edad Villafranquiense medio. Está formada por costras gruesas muy bien desarrolladas, situadas entre las cotas 630 y 640 m. Esta superficie esta tapizada por costras calcáreas que presentan una alta karstificación. Queda representada en el borde NW de la zona de trabajo (fig. 3.3.a).

La superficie inferior de la Llanura Manchega o S_2 (fig.3.3.a) se extiende por el resto de la zona de estudio alcanzando su máximo desarrollo en el borde S - SE de la zona, teniendo como límite superior la localidad de Daimiel . Se desarrolla entre las cotas 640 y 615 m, y se sitúa entre 15 y 20 m sobre el Guadiana. Está datada como Plioceno superior-Pleistoceno inferior (Molina, 1974, 1975). Esta superficie se encaja entre 10 y 15 m sobre la superficie S_1 y está fosilizada por encostramientos y costras laminares, que presentan también una karstificación importante. Los encostramientos generalizados que aparecen representados por toda la zona, se deben probablemente a la litología del substrato plioceno calcáreo-margoso y al carácter bicarbonatado cálcico de las aguas subterráneas que ascienden por capilaridad y se evaporan.

3.3.2.- Morfología kárstica

La morfología del paisaje en esta zona está directamente relacionada con el karst. Entre los procesos kársticos más importantes observables, cabe destacar la formación de dolinas y uvalas (fig. 3.3.a).

Según el IGME (1988), para esta zona, las dolinas que aparecen representadas tienen forma circular o semicircular con diámetros que pueden superar incluso los 100 m y con profundidades del orden de 15 m. El fondo suele estar cubierto de materiales finos (arcillas y limos). Las uvalas por el contrario, presentan estructuras abiertas, generalmente irregulares y con dimensiones de hasta varios km de longitud. Sus profundidades son sensiblemente mayores a las de las dolinas. A favor de estructuras kársticas de este tipo y en zonas donde el nivel piezométrico cortaba la superficie topográfica, se formaron lagunas (actualmente secas) tales como la de Navaseca, la Nava, el Escoplillo, la Albuera y los mismos "Ojos del Guadiana".

Es posible que el "cauce" del Guadiana entre los "Ojos" y el Parque Nacional Tablas de Daimiel, corresponda esencialmente al principal conjunto de dolinas y/o uvalas de la zona occidental de la Llanura Manchega.

El escaso número de terrazas que tiene el río Guadiana, está en relación con la débil carga que transportaba y su morfología parece responder a una región subsidente (Pérez González, 1981). Bajo estas condiciones la capacidad erosiva del río es mínima, por lo que la ampliación lateral y vertical del cauce se debe principalmente a la disolución de los carbonatos por el flujo subterráneo.

En la cartografía de la fig. 3.3.b hemos dibujado los escarpes correspondientes a dolinas o uvalas que han originado el valle del Guadiana entre los "Ojos del Guadiana" y el PNTD. Esta cartografía ofrece información adicional a la cartografía del IGME (1988) sobre las formas kársticas asociadas al Guadiana. Las formas que hemos observado en el valle del Guadiana parecen

reflejar una antigua red fluvial divagante y meandriforme, capturada por las aguas subterráneas y que se ha instalado a favor de procesos kársticos de disolución de materiales calcáreos pliocenos. Ejemplos de esto, son los tramos comprendidos entre Zuacorta y El río Azuer, Molino Griñón y Molino Molemocho y río Azuer y arroyo de Navaseca.

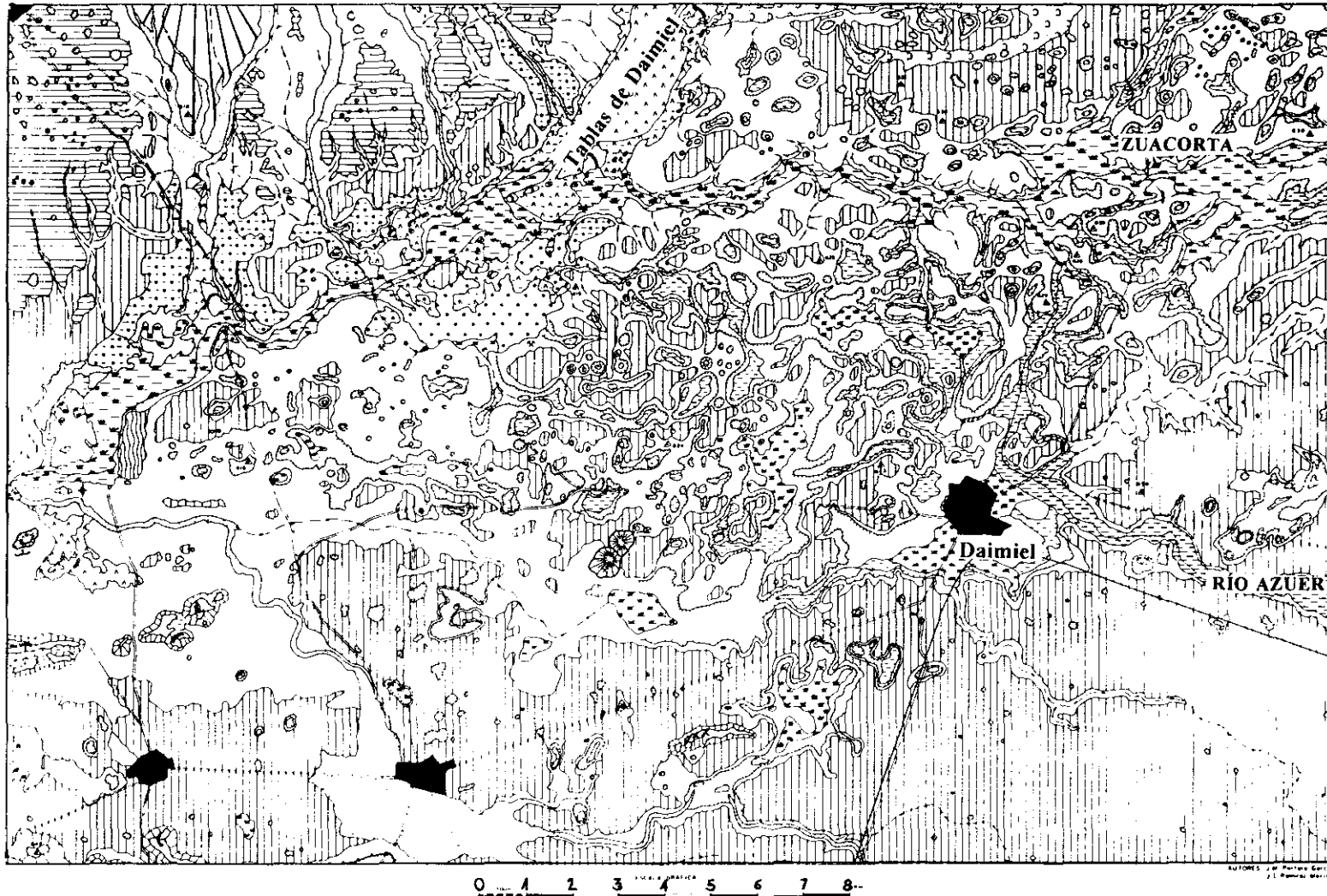
El río Guadiana en el tramo desde los "Ojos" hasta el PNTD tiene pendientes algo mayores que las del Guadiana antes de su confluencia con el Záncara en el tramo conocido como "Canal del Guadiana" (del orden del 0,3 por 1000), lo que parece indicar que se trate de un río más joven (Perez González, 1981).

El río Azuer antes de su confluencia con el Guadiana presenta también rasgos de una karstificación importante, tal como pone de manifiesto su llanura de inundación, que tiene anchuras superiores a los 100 m en algunas zonas (fig.3.3.a).

DAIMIEL

760
19-30

MAPA GEOMORFOLOGICO

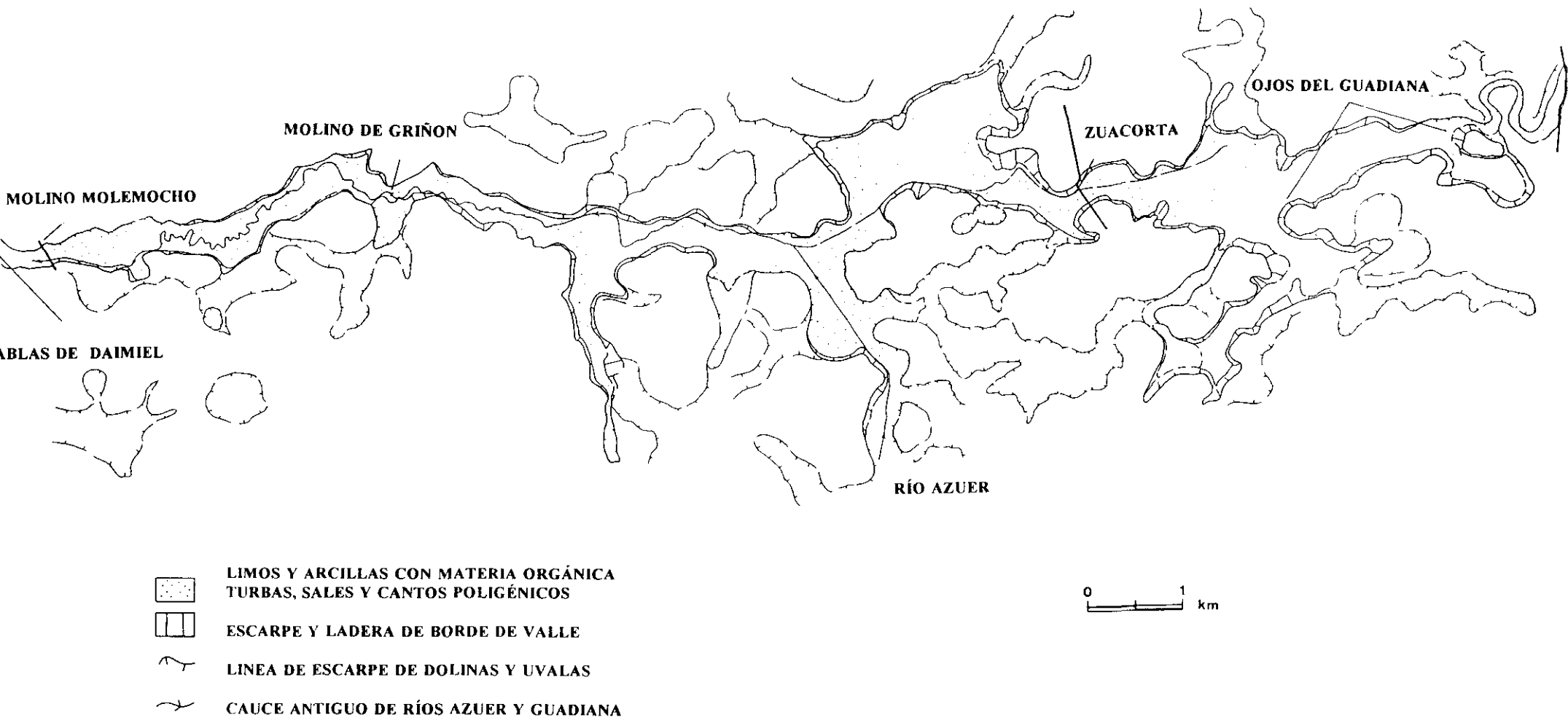


LEYENDA

- TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA**
- Altitud en metros
 - Caudales con flujo permanente o semipermanente
- FORMAS VOLCÁNICAS**
- Conos volcánicos
 - Anillo de neblías concurrido de cráter de aspiración
- FORMAS FLUVIALES**
- Fuertes de valle o vaguada / Llanuras aluviales
 - Terrazas
 - Terrazas de lomas encastadas
 - Terrazas rectas
 - Conos abandonados
 - Abanicos aluviales
- FORMAS EÓLICAS**
- Monto bajo y dunas
- FORMAS KARSTICAS**
- Dolinas, urucas
 - Depositos de fondo de dolina
- FORMAS POLIGÉNICAS**
- Calvarinas
 - Superficie interior de la Llanura manchega
 - Superficie superior de la Llanura manchega
 - Relieve residual
- FORMAS ESTRUCTURALES**
- Resaca en coque
 - Resaca en cuarcitas
- FORMAS ANTROPICAS**
- Núcleo urbano
 - Carretera
 - Ferrocarril
 - Cantero
 - Tacimientos naturales
- MORFODINAMICA**
- Barriadas, arroyos con o sin lauces definidos
 - Zona emborreada o sememborreada
 - Piadas secas
 - Piadas húmedas
 - Turbidas
- SIGNOS GEOMORFOLOGICOS DIVERSOS**
- Figuras y escarpes de las superficies de la Mancha, de los rasgos estructurales, de las terrazas
- REGIONES ESTRUCTURALES**
- Rebordes paleozoicos
 - Sedimentos pliocenos

Fig. 3.3.a.- Mapa geomorfológico de la hoja: 760 "Daimiel" IGME, 1988)

Fig. 3.3.b.- Rasgos geomofológicos generales asociados al valle del Guadiana



**EL SUBSTRATO (FONDO BLANCO) SOBRE EL QUE SE DESARROLLAN ESTAS ESTRUCTURAS
ESTÁ FORMADO POR CALIZAS Y MARGOCALIZAS DEL PLIOCENO**

3.4.- ESTUDIO DE LAS TURBERAS DE LOS OJOS DEL GUADIANA

3.4.1.- Introducción

El estudio de las turberas de los "Ojos del Guadiana" tuvo su origen dentro de un convenio de investigación que D. R. Llamas realizó con Turbas del Guadiana S.A. En ese Trabajo se hacía un estudio hidrogeológico detallado de las concesiones mineras de Zuacorta I, II y III que explotaba la mencionada empresa. Por otra parte, ese convenio estaba integrado en una investigación de carácter más amplio financiado por el Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (C.D.T.I), del Ministerio de Industria y Energía a través de Turbas del Guadiana S.A. El objetivo principal de dicha investigación era el análisis de los medios más adecuados para combatir la combustión espontánea de las turbas.

La sustancial ampliación que ha supuesto esta Tesis respecto al trabajo ya mencionado, a sido posible gracias a la ayuda recibida como becario del proyecto titulado "Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (FAEWE)", al cual hacíamos referencia en los antecedentes de esta Tesis Doctoral.

3.4.2.- Consideraciones sobre la génesis de las turbas

Las turberas son un tipo especial de formación constituida por suelos orgánicos o turbas. Estas se forman cuando la acumulación de materia orgánica es muy superior a la de los suelos minerales, generándose a partir de restos vegetales que van fosilizando o enterrando sucesivamente a los precedentes. Normalmente son depósitos que tienen un espesor de 2 a 3 m, pudiendo alcanzar en casos extremos hasta centenares. En las turberas de Zuacorta se han observado espesores que varían desde pocos centímetros hasta potencias algo superiores a 2 m, observados en el escarpe de algún colapso.

Basándonos en la cartografía geológica realizada por el IGME (1988), a los materiales que ocupan el valle del "Río Guadiana" se les atribuye una edad perteneciente al Holoceno, es decir, de antigüedad probablemente inferior a los 12.000 años. El IGME, explica la génesis de estos depósitos a partir de diversas épocas de encharcamientos, con aguas muy ricas en limos, calcio y en menor proporción magnesio y cloro, procedentes en su mayoría de la descarga del acuífero de La Mancha Occidental.

La existencia de estas zonas que seguramente han estado periodos grandes de tiempo cubiertas por aguas, han debido favorecer la formación de turbas a lo largo de la mayor parte de su cauce. Sobre las turbas, probablemente como resultado de procesos de intensa evaporación durante el estiaje y/o coincidiendo con descensos del nivel piezométrico, frecuentemente se encuentran materiales que corresponden a la precipitación de carbonato cálcico y a depósitos evaporíticos (estos últimos se citan en la bibliografía pero nosotros no hemos reconocido "in situ").

En este apartado, se agrupan a modo de resumen los factores principales que intervienen en la génesis de las turbas.

En términos generales, la formación de turbas (según Guerrero, 1985) está

condicionada por la interrelación de una serie de factores que favorecerán los procesos físico - químicos y biológicos necesarios para el funcionamiento de tal ecosistema. Entre ellos cabe destacar: clima, geomorfología, litología, vegetación, tiempo, superficie de encharcamiento y contenido en sales del agua, que a continuación comentaremos para las turberas de nuestra zona.

3.4.2.1.- El clima

Es el factor determinante para la génesis y clasificación de los suelos. Siguiendo a Newhall, (1975), Guerrero (1985) clasificó la zona a partir de los datos tomados del observatorio meteorológico de Ciudad Real, con un régimen de humedad tipo "xerico"; correspondiente al clima Mediterráneo, caracterizado por tener inviernos fríos y húmedos, con veranos cálidos y secos. También clasificó el régimen de temperatura como "térmico"; clasificación basada en la temperatura media anual del suelo y en las oscilaciones de la misma entre el verano (22° C) y el invierno (15° C) para esta zona.

3.4.2.2.- La geomorfología

Su análisis se trató en el capítulo 3.3. Las turbas originadas en los "Ojos del Guadiana", están asociadas a formaciones kársticas a favor de las cuales se producía la descarga del acuífero. Esto confería a la zona unas características muy particulares; una calidad química del agua adecuada (se verá más adelante) y una zona encharcada casi permanente.

A escala de detalle, la distribución espacial de las turbas en el valle no es homogénea, pues depende de una serie de factores tales como; a/ los aportes por escorrentía superficial de sedimentos procedentes de la erosión de zonas próximas y b/ del frenado en la velocidad del curso del agua (Roquero, 1982) por obstáculos naturales y/o artificiales, favoreciendo la sedimentación de partículas arrastradas por suspensión o bien originando la deposición por evaporación y precipitación de carbonato cálcico durante la época más calurosa

del año.

3.4.2.3.- La litología

El sustrato tiene importancia pues determina en gran medida los nutrientes del agua donde se van a originar las turbas. Este acuífero está formado esencialmente por calizas y margas (ver cap. 2.2.1), aportando un agua rica en carbonato cálcico. Guerrero (1985), desde el punto de vista nutricional, clasifica este medio como "eutófico" con sustancias nutritivas abundantes y reacción básica.

3.4.2.4.- La vegetación

Es muy rica y variada en todas las turberas, con una evolución que dependerá de las características físico-químicas del medio. El tipo de vegetación está en relación con la superficie de encharcamiento del humedal (Casado y Montes, 1995), lo que va a permitir la presencia de suelos hidromorfos (suelos desarrollados en condiciones de saturación temporal o permanente) y de una vegetación de hidrófitos (se desarrolla en terrenos inundados) o de higrófitos (crecen en terrenos al menos periódicamente saturados en agua).

En la turberas asociadas al antiguo valle del río Guadiana, Pascual (1976) explica la formación de turbas por la implantación de una vegetación hidrófila formada esencialmente por el "Cladium mariscus" (comunmente masiega), "Phragmites communis" (carrizo) y "Carrexsp."(cañaveral), cuyos restos se van acumulando en condiciones de hidromorfismo hasta originar el yacimiento actual.

Para entender con mayor claridad la génesis de las turbas y la asociación vegetal que las origina, vamos comentar someramente la fitosociología de Las Tablas de Daimiel (según Pascual , 1976) en su estado no perturbado, que debería ser muy parecida a la asociación que originó las turberas que estudiamos.

Pascual (1976), describe la siguiente interacción y distribución vegetal: el fondo del lago está ocupado en una amplia extensión por el alga "ova", que puede llegar a alcanzar la superficie del agua en estados de máximo desarrollo. Estas algas suelen estar acompañadas de otras especies sumergidas que necesitan poca luz y que raramente salen a la superficie. Hacia la periferia de Las Tablas empiezan a aparecer plantas anfibias que tienen flores en la superficie del agua, como pueden ser el caso de los "nenúfares". Según nos aproximamos al borde de la laguna encontramos plantas de carácter claramente emergentes tales como la "masiega", el "carrizo" y la "espadaña".

De esta manera el lago se va relleno progresivamente de materia orgánica desde los bordes hacia el interior del mismo, originando la acumulación de materia vegetal que dará origen a la turba. Su transformación (Guerrero 1985), comienza a partir de la materia vegetal, que está formada por hidratos de carbono (celulosa y emicelulosa fundamentalmente), grasas, proteínas, lignina, taninos, colorantes, etc.

En las condiciones mencionadas anteriormente, la materia orgánica acumulada evoluciona (según Duchaufour, 1978) de manera tal, que se produce una transformación de la celulosa y la emicelulosa en productos solubles gracias a la intensa actividad biológica que hay. La descomposición de los restos vegetales acumulados en el fondo de la laguna serán procesados por una comunidad formada principalmente por bacterias y hongos (Casado y Montes, 1995). El contenido en lignina, por ser un compuesto natural mucho más estable, se mantendrá bastante alto originando la formación de complejos residuales que se van acumulando y darán lugar a la turba propiamente dicha.

En general (Casado y Montes, 1995), los humedales debido a sus características de elevada producción, alta acumulación de materia orgánica y descomposición incompleta de la misma, y situación topográfica deprimida que suelen ocupar, hacen que sean unos sistemas inestables que tienden a su propia desaparición debido a una progresiva colmatación.

3.4.2.5.- El tiempo

Para conocer detalladamente la edad de las turbas en toda su extensión, dada su estructura sedimentaria discontinua en el espacio y tiempo, sería conveniente disponer de dataciones en distintos puntos y tomados a distintas profundidades. Nosotros no hemos tomado muestras para su datación pues escapa con creces de las posibilidades económicas con que contamos. La edad de la turbera de Zuacorta a partir de los los datos extraídos de los estudios de datación con C-14 realizados por la Dra. Menéndez Amor (1968), es de unos 3190 ± 70 años, con un ritmo de formación de 12 cm/siglo a 385 cm de profundidad.

Recientemente la Universidad de Alcalá de Henares ha participado en un proyecto de investigación sobre las turberas de Las Tablas de Daimiel. Los sondeos que han realizado (García Hidalgo et. al., 1995) revelan la existencia de turba hasta una profundidad de unos 4 m en Las Tablas. Los datos sobre la edad de las turberas a esa profundidad todavía no han sido publicados. En Ruiz Zapata (1995) se explican los métodos palinológicos de reconstrucción paleoambiental en materiales turbosos que se usan hasta edades de unos 10.000 años.

3.4.2.6.- La superficie de encharcamiento

La presencia de agua va a ser en definitiva la condición imprescindible para el desarrollo de la vegetación que pueda dar origen a la turba. El desarrollo de la vegetación hidrófila (según Guerrero, 1985) requiere un calado de la zona encharcada inferior a 2 m, profundidad a partir de la cual las raíces de estas plantas no pueden respirar y se mueren. Para que esto no ocurra hace falta que exista una oxigenación continua en el medio acuoso, la cual se produce gracias al movimiento del agua, a la actividad fotosintética de las plantas y sobre todo por disolución de oxígeno en la interfase agua-aire.

3.4.2.7.- Contenido en sales del agua

Según el laboratorio de Salinidad de los estados Unidos U.S.S.L. (Richard et al., 1954), un aumento de la concentración de sales solubles dificulta e impide la endósmosis. Aunque hay un margen amplio de salinidad , en general (según Guerrero López, 1985), la formación de turbas se ve dificultada cuando el medio acuoso supera los 2000 μ mhos/cm.

Los valores de conductividad que hemos obtenido en nuestra zona de trabajo (ver fig 3.5.r), están comprendidos, en su mayoría, entre 500 y 2000 μ mhos/cm, indicativos de un grado de salinidad, óptimo para la formación de turbas. En la margen NW de las Tablas de Daimiel, existe una zona con valores de conductividad muy superiores a los anteriores, cuyo origen puede explicarse por un substrato rico en yeso. No conocemos si en esas zonas existen turberas.

La hidroquímica se tratará con más detalle en el apartado 3.5.2.5.

3.4.3.- La combustión espontánea de la turba

La turba por tener un alto contenido en carbono, se autooxida a bajas temperaturas. En la " Síntesis Geológica y Medioambiental de la Turbera de Zuacorta: Análisis y Recomendaciones" (GESSAL, 1990), se explica cómo el proceso de autocombustión de la turba se debe a la formación de compuestos "pirofóricos" amorfos de Fe y FeO, como resultado del cambio de iones y del proceso redox, implicando FeS₂, FeCO₃ y Fe Humites (Chemical Abstract, 105. 1982-86).

La formación de estos compuestos "pirofóricos" amorfos de hierro y óxido de hierro es una reacción exotérmica que inicia la combustión produciendo cenizas y gas metano.

En la figura 3.4.a, se representa la cartografía del antiguo valle del Guadiana, desde sus Ojos hasta el PNTD, mostrando la evolución que han tenido los incendios de las turberas en los años 1977, 1987 y 1991. No se ha pretendido hacer un trabajo exhaustivo, que por otra parte dada la escala de representación no es posible, sino dar una visión sintética de lo que ha ocurrido a raíz de los incendios y dar una información adicional a la cartografía que se ofrece en ITGE (1988). La situación para los años 1977 y 1987 se ha dibujado a partir de fotografía aérea y de información recibida de gente del campo, mientras que la de 1991 se ha hecho a partir de observaciones directas "in situ".

Los fuegos se producen preferentemente en zonas donde hay mayores espesores de materia orgánica. Su distribución es muy irregular, y está condicionada por la geometría de los cuerpos sedimentarios, por el descenso continuo del nivel piezométrico y por las aportaciones de aire que favorecen su oxidación. Estas entradas de aire se producen a partir de conductos, ya sean de origen kárstico en las zonas más profundas y/o marginales, o de otros "respiraderos" internos a los depósitos cuaternarios que pueden estar en relación con la porosidad de la turba y/o con procesos tipo "piping".

A modo de resumen, la combustión de las turbas desde el punto de vista geomorfológico, afecta produciendo un incremento en la subsidencia local y global, favoreciendo además la formación de algunos colapsos locales, donde la masa quemada fuera muy localizada.

3.4.4.- Edafología

La descripción que hacemos de las características edáficas de los materiales del valle del Guadiana, está basada principalmente en el "Informe agronómico sobre las posibilidades de explotación de la finca Zuacorta", realizado por Roquero, (1982). Este autor describe los siguientes perfiles como más representativos de las turberas de Zuacorta (Fig. 3.4.b):

Perfil VII.- Clasificado como "Histosol", caracterizado como un "Medifibrístico típico", con más de un 45% de materia orgánica y el resto de caliza total (terminología según Roquero).

Perfil IX.- Clasificado como "Thaptomedifibrístico", con materiales turbosos tapados por suelos minerales, con abundante precipitación de carbonato cálcico.

Perfil X.- Clasificado como "Medifibrístico limnico", formado por grandes espesores orgánicos (que según Roquero en ocasiones es superior a 5 m) con escasos niveles minerales.

Perfil XI.- Clasificado como "Fluvaquent histico", con horizontes turbosos muy bien desarrollados en la parte superior.

Del análisis de estos perfiles, Roquero (1982) estima los siguientes resultados para la zona en conjunto.

Los contenidos en materia orgánica total varían entre algo menos de un 35% y el 85%. La materia orgánica oxidable representa un 75-90% en los horizontes turbosos, siendo mucho menor en los niveles más minerales.

El contenido en caliza total (terminología según Roquero) oscila entre algo más de un 30% en la mayoría de los casos y un 80% en las facies marginales. La caliza activa, la que tiene mayor repercusión en el empleo de esos suelos y

materiales, representa entre un 50% y 65% de la total.

El IGME (1988) explica que como consecuencia del descenso del nivel freático y desecación de las zonas encharcables, se ha producido una salinización del suelo y una substitución de las turberas por playas secas salitrosas, dando un suelo del tipo Solontchack. Referido a las turberas, menciona que existen suelos con perfil O_2 , O_1 , O_1-O_2 y $(O_1-O_2)_2$.

En el trabajo de campo que hemos realizado hemos encontrado gran número de tallos de plantas de diversos tamaños y restos de conchas de gasterópodos. Como consecuencia de la desecación del suelo, la turba está experimentando un proceso de mineralización y autocombustión.

Sobre las zonas marginales del valle del Guadiana, los descensos estacionales del nivel del agua y la definitiva desecación del suelo, ha originado acumulación de sulfatos y cloruros, dando origen a suelos compuestos por illita (90 %) y caolinita (10 %) (IGME, 1988). Esto no ha sido constatado por nosotros en campo.

3.4.5.- Unidades cartográficas

La zona cartografiada corresponde al valle del Guadiana entre el paraje "Ojos del Guadiana" al este, y la confluencia Azuer - Guadiana al oeste.

En la cartografía se han representado diferencias litológicas y se han reflejado las zonas donde se ha extraído turba y en su caso si ésta explotación parece haberse hecho de manera ordenada y racional o no. Esto último, tiene su importancia pues en gran medida la situación actual de la turbera (estado de degradación por autocombustión e impacto ambiental que ofrece), es reflejo de la forma de extracción de turba. Debido a los procesos de combustión que actúan sobre las turbas, la configuración y geometría de los sedimentos es sumamente irregular y cambiante en el tiempo.

En la figura 3.4.c se han distinguido cinco unidades que más que diferencias litológicas, reflejan la explotación que se ha hecho de la turba y cómo ha influido en los procesos de autocombustión.

a/ Zona con mayor acumulación de limos.

A falta de análisis químicos de dichos depósitos, a partir de la observación de visu de los mismos, se podrían clasificar como limos o arenas muy finas con mucha materia orgánica, y con predominio de Ca y Mg (Según Roquero, 1982). Por debajo, alternando y de forma discontinua existen niveles de turba que arden en muchos casos. Estos materiales, a rasgos generales, están datados por el IGME (1988) como Holocenos.

b/ Zonas de turbas quemadas y/o en combustión donde no se ha explotado turba

Esta unidad incluye turbas en autocombustión existentes tanto en profundidad (hasta aproximadamente 3 m máximo) como en superficie. Gran parte

de dicha zona está recubierta de paquetes de limos (a) de potencias muy variables con distribución lateral discontinua. Corresponde a zonas donde al parecer la turba ha tenido mayor representación, como son antiguos "ojos" y el mismo canal por donde discurría el Guadiana. Para conocer con precisión los espesores de dichos sedimentos se requiere la realización de sondeos de investigación.

c/ Suelos orgánicos predominantes

Reflejan como su nombre indica, suelos vegetales pero sin llegar a ser turba. Generalmente se localizan en bandas estrechas adosadas a los márgenes del valle y a una cota ligeramente superior al resto de la turbera. Por su composición y por la no presencia de fuegos parecen ser las zonas más favorables para posibles aprovechamientos de tipo agrícola.

d/ Zonas sin fuegos donde se ha explotado turba ordenadamente

Se representan con este nombre áreas donde la empresa "Turberas del Guadiana" de forma ordenada ha explotado la turba. En la mayor parte de estas superficies la extracción se ha hecho hasta una profundidad suficiente donde ya no existían fuegos y en caso de haberlos se han apagado prácticamente en su totalidad apisonando el terreno. Las superficies que resultan de esta explotación suelen ser de topografía llana, homogénea y sin peligro físico al transitar por ellas. Según los espesores de la turba en profundidad y en función del volumen total explotado, hay alguna zona donde continúan levemente procesos de autocombustión.

e/ Zona quemada y/o en combustión donde se ha explotado turba sin buena planificación

Corresponde a zonas donde existían espesores de turba importantes, asociados en muchos casos a antiguos "ojos". Al parecer su extracción se realizó

por particulares sin concesión y predominantemente de manera desordenada y con mala o ninguna planificación; esto ha dado origen a grandes socavones que favorecen la oxigenación de la turba y por tanto son zonas donde actualmente hay mayor degradación a causa de los fuegos.

Las cinco unidades que acabamos de describir, se corresponden con la "unidad 18" que define el IGME (1988) como: "limos y arcillas con materia orgánica, arenas, cantos poligénicos y turba. La cartografía que mostramos en la figura 3.4.c. ofrece información más detallada y complementaria a la que aparece en dicho trabajo.

3.4.6.- Geometría de los cuerpos sedimentarios

La sedimentación de estos depósitos, parecen corresponder a una alternancia de lo que el IGME (1988) denomina "playas secas" y "playas húmedas", según se trate de épocas donde predomine una intensa evaporación o alto encharcamiento. Sin entrar en los mecanismos y procesos de sedimentación, haremos unas observaciones sobre la geometría y disposición de las turbas y depósitos asociados encontrados. Entre los rasgos más significativos destacar:

a/ Según la información verbal recibida y atendiendo a las observaciones hechas en campo y con fotografías aéreas antiguas (1977), las zonas con mayor acumulación de turba aparecen asociadas habitualmente a lo que eran antiguos "ojos" y a las partes más bajas del valle. No obstante hay que precisar que solo se disponen de datos muy poco profundos, entre 2 o 3 metros, por no haber realizado sondeos.

b/ Las potencias de las capas turbosas son muy variables, desde alrededor de 0.10 m hasta algo más de 2 m observados en algunos sitios.

c/ Discontinuidad lateral de las turbas. Parecen tener una estructura más o menos "lentejónar", formadas quizás a favor de zonas más deprimidas donde se favorecería el encharcamiento y por lo tanto se dieran mejores condiciones para su génesis.

d/ Los sedimentos asociados a las turbas de carácter limos, tienen espesores muy variables llegando a superar incluso los 3 m. Las mayores potencias según la cartografía (fig. 3.4.a y 3.4.c), parecen indicar que se depositaron a favor de diques o barreras naturales que de alguna forma, favorecerían el estancamiento del agua y la acumulación de finos bien fuera por procesos de precipitación, bien por sedimentación física. En cualquier caso, estas ideas deben tomarse tan sólo como una hipótesis de trabajo. El estudio de la

génesis de estos materiales, turbas y sedimentos minerales, exigiría una serie de análisis palinológicos, mineralógicos y geoquímicos que quedan fuera de las posibilidades económicas y de los objetivos de esta Tesis Doctoral.

En la figura 3.4.d. se describen algunas de las calicatas efectuadas durante el trabajo de campo, cuya situación puede verse en la figura 3.4.c.

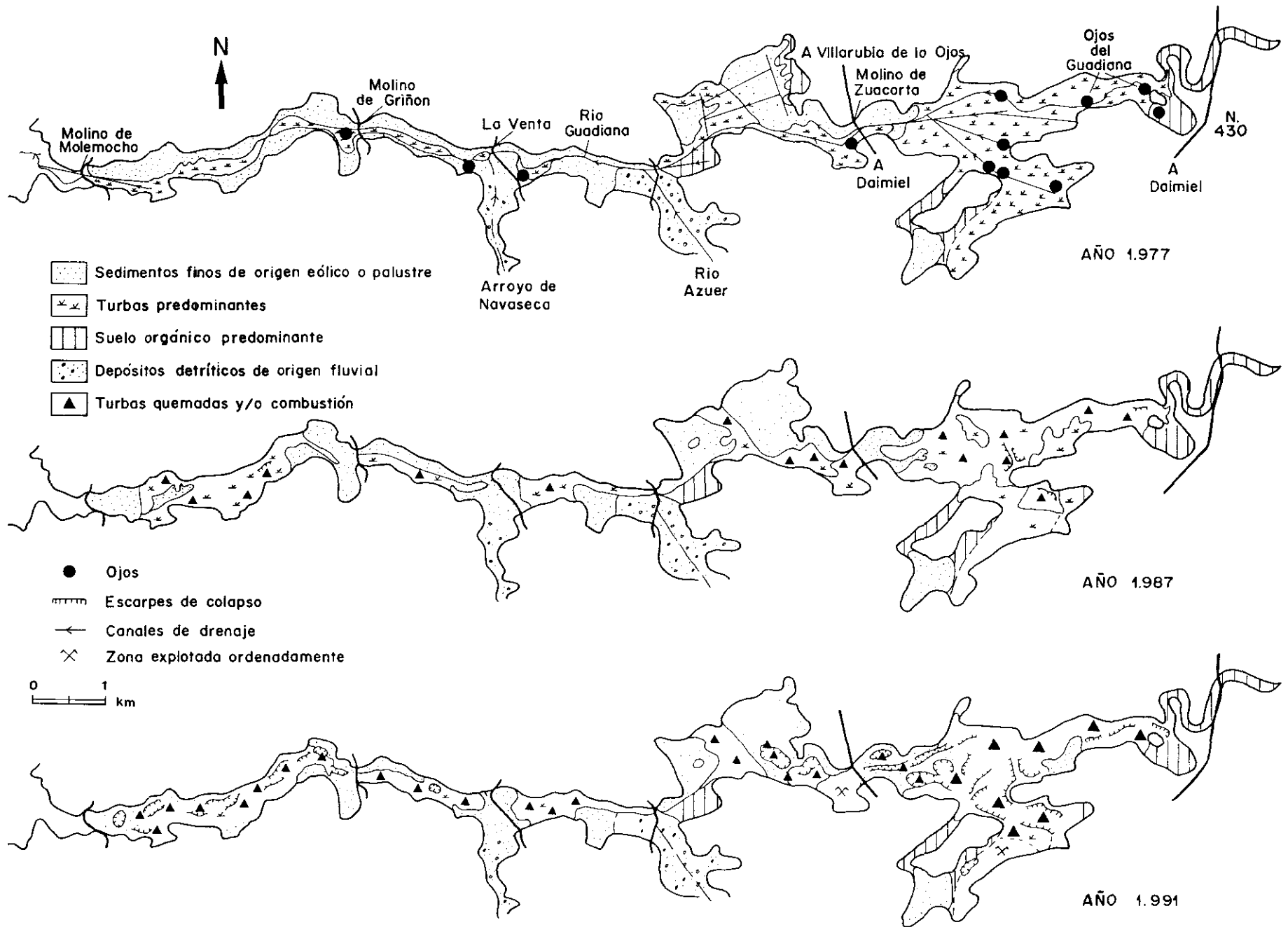


Fig. 3.4.a.- Evolución de los incendios en los suelos orgánicos en la zona comprendida entre los "Ojos" del Guadiana y el Molino Molesmocho

PERFILES TIPO

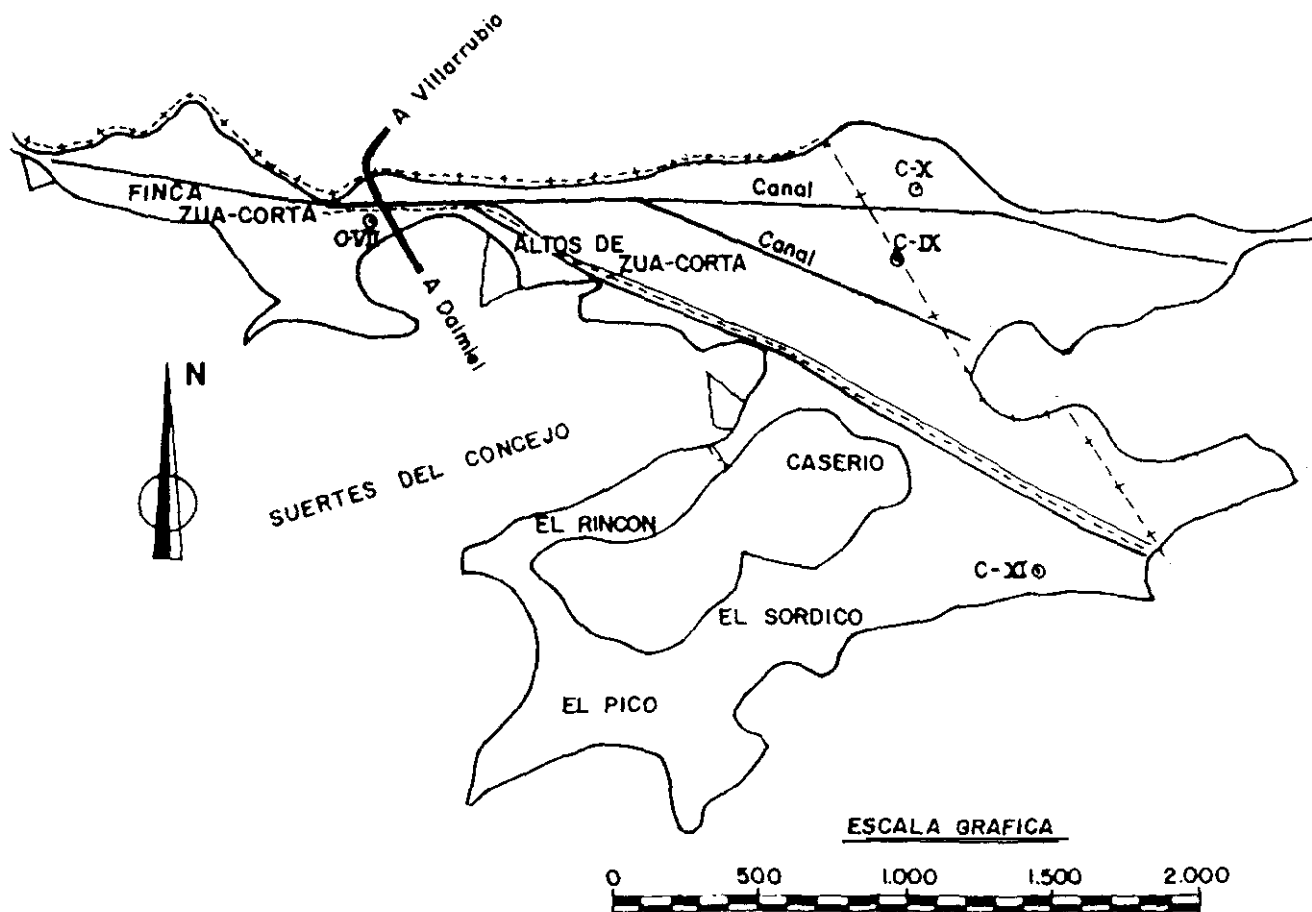
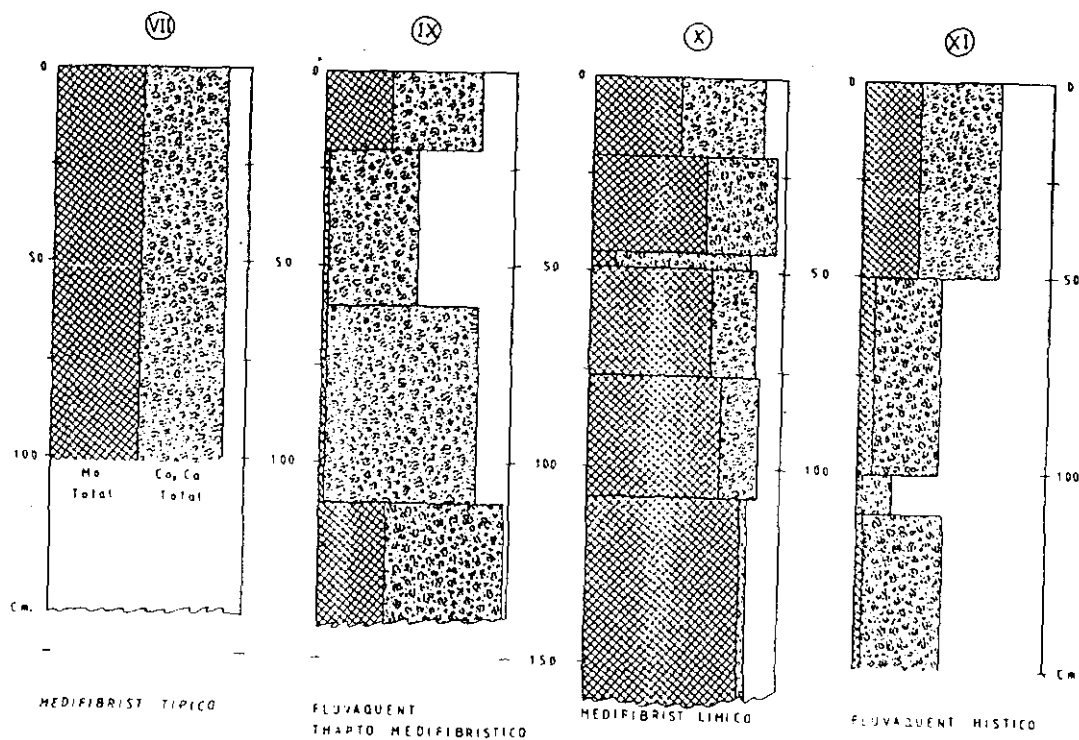


Fig. 3.4.b.- Perfiles edáficos tipo (Según Roquero, 1982)

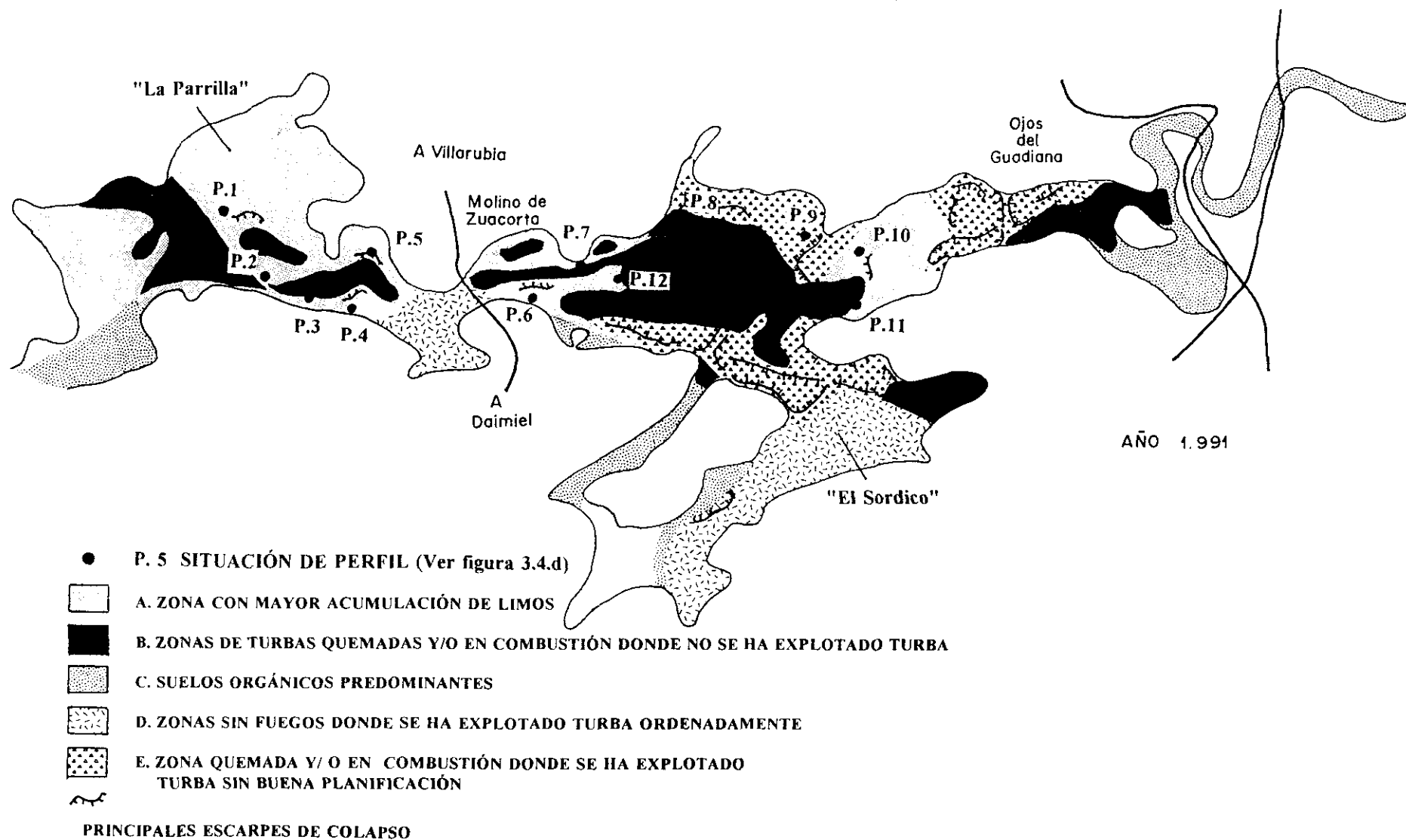
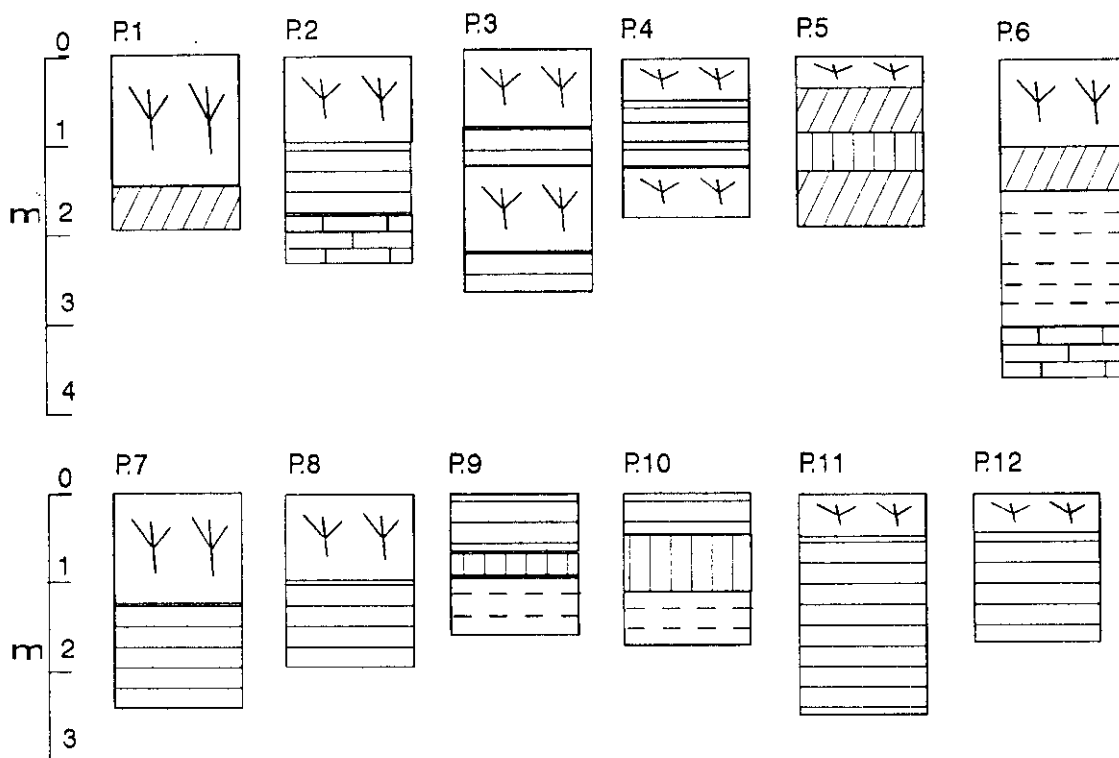


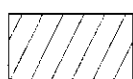
Fig. 3.4.c.- Cartografía de las turberas de los "Ojos del Guadiana"

Fig. 3.4.d.- Perfiles de la turbera de Zuacorta



(Ver localización en figura 3.4.c)

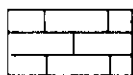
LEYENDA



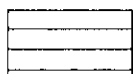
TURBA O SUELO RICO EN MATERIA ORGÁNICA NO QUEMADO



LIMOS CARBONATADOS CON RAICES DE PLANTAS



CALIZA ROCA



TURBA QUEMADA O EN PROCESO DE COMBUSTIÓN



LIMOS CARBONATADOS



ARCILLAS Y MARGAS

3.5.- HIDROGEOLOGÍA DETALLADA DEL PARQUE NACIONAL TABLAS DE DAIMIEL

3.5.1.- Introducción

En este capítulo se estudia en detalle la hidrogeología del PNTD y de la zona del valle de los Ojos del Guadiana. Se explicará cómo ha variado el nivel freático en durante los últimos 15 años y cómo ha cambiado el flujo subterráneo en esta zona.

La metodología de trabajo y las fases en que ha consistido el estudio hidrogeológico, se comentaron en los apartados 1.3.2.2 y 1.3.3.2.

Para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio, hemos limitado el área de estudio a la superficie que puede verse en la figura 3.2.a.

Desde un punto de vista hidrogeológico los límites de la zona de trabajo que nos hemos definido, son de forma genérica los que se comentan a continuación, y que pueden seguirse en las figuras 2.1.c y 3.2.a.

1. Borde Noroeste: está representado por cuarcitas y pizarras del Paleozoico que en profundidad corresponden al zócalo del "acuífero 23".

2. Zona Noreste: se trata de margas y margocalizas miocenas de permeabilidad media a baja, muy próximas al contacto con los materiales paleozoicos. Constituye el límite natural del acuífero en esa zona.

3. Límite Este: este límite corta perpendicularmente al acuífero y es la zona de mayor transferencia de flujo entre la zona oriental del acuífero y el área de las Tablas de Daimiel. Debido a los intensos bombeos para regadío que se realizan en la zona más oriental, al Norte de Manzanares, en la situación actual el flujo tiene una dirección W-E contraria a la que tenía en régimen natural.

4. El límite Sur que hemos definido no se corresponde exactamente con el límite natural del acuífero que se sitúa algo más al Sur. En el límite considerado aparecen afloramientos de materiales paleozoicos indicándonos la proximidad del basamento del acuífero.

5. Por último el límite más Occidental de nuestra zona de estudio coincide aproximadamente con el límite real del acuífero, tal como puede verse en trabajos anteriores realizados por el SGOP (p.ej. fig: 2.1.a).

3.5.2.- Método de trabajo

A continuación se comentan los resultados obtenidos de las fases de trabajo que se han abordado:

3.5.2.1.- **Recogida de datos**

Además de la información bibliográfica general, que se trató en el apartado 1.3.1, la documentación y fuentes de datos específicas que hemos utilizado se comentaron en los apartados 1.3.2.2 y 1.3.3.2.

3.5.2.2.- **Mapas de isopiezas**

Estos mapas nos permiten conocer el funcionamiento hidrogeológico de la zona, dirección y sentido del flujo subterráneo así como la evolución piezométrica. Para ello vamos a hacer un repaso de su situación en años anteriores (basados en el informe 5/91 del SGDGOH) analizando los cambios ocurridos desde 1980, fecha aproximada a partir de la cual empieza a notarse en nuestra zona de estudio los efectos de la alta explotación hasta la actualidad.

a/ Isopiezas en septiembre de 1980.

En estas fechas (fig:3.5.a), el flujo subterráneo tenía una dirección E-W con una superficie piezométrica próxima a la superficie topográfica, donde el río Guadiana, Las Tablas y otras zonas húmedas eran todavía rebosaderos del acuífero. En este año (según el informe del SGDGOH, 12/89), las entradas totales al acuífero fueron 195 hm^3 con salidas 171 hm^3 a través de los ríos y Tablas, y 370 hm^3 por regadíos y abastecimientos. Para tener una referencia de comparación con estados posteriores, la isopieza de 600 m estaba unos 4 km aguas abajo de Puente Navarro y la de 610 m próxima al Molino de Zuacorta (en el valle del Guadiana).

b/ Isopiezas en septiembre de 1984.

En septiembre de 1984 (fig.3.5.a) la explotación intensiva del acuífero empieza a ser importante y la configuración de la superficie freática cambia sensiblemente.

En la mitad Norte de Las Tablas por encima del río Guadiana, el flujo tiene un sentido NW-SE que se debe a los intensos bombeos en las proximidades de Daimiel. En la mitad Sur de las Tablas y en las proximidades a Puente Navarro, el descenso del nivel freático es de unos 5 metros respecto a 1980 y el flujo tiene una dirección SE-NW. Esto se debe en parte al cono de bombeos que se formó al SW de Puente Navarro, que tuvo su origen en unos pozos que durante algunos años realizaron un fuerte bombeo destinado al abastecimiento de Ciudad Real y que actualmente (1995), se han puesto de nuevo en funcionamiento debido a la actual situación de sequía.

La isopieza de 600 m se desplaza hacia el NE de Las Tablas y en la zona del Molino de Zuacorta el nivel del agua se sitúa a una cota de 603 m, con un descenso de casi 8 m desde 1980. Según SGDGOH (1989), en 1984 las entradas totales al sistema fueron de 199 hm³, con salidas de sólo 34 hm³ por los ríos y las Tablas y 453 hm³ por regadíos y abastecimientos.

c/ Isopiezas en octubre de 1987

En el mapa de isopiezas de octubre de 1987 (fig.3.5.a) observamos que el nivel freático continúa bajando con descensos medios para toda la zona de unos 3 - 4 m en tres años. En la zona del Molino de Zuacorta, en este mapa no se aprecian variaciones importantes del nivel con respecto a los años anteriores.

d/ Isopiezas en julio de 1991

En la Tesis de Licenciatura que realicé con anterioridad a esta Tesis

Doctoral, presentaba un mapa de isopiezas que correspondía a la situación del acuífero en la zona del valle de los "Ojos del Guadiana" para julio de 1991 (fig: 3.5.b). Este mapa no incluye de forma global las Tablas de Daimiel, que no eran objeto de la Tesis de Licenciatura. A los efectos que nos interesa, puede observarse un descenso general con respecto al año 1987 que llega a ser de unos 12 m en las proximidades del Molino de Zuacorta, es decir, de algo más de 4 m/año.

Durante el tiempo que ha durado esta Tesis Doctoral, se han medido con periodicidad casi mensual los niveles de agua alrededor de las Tablas hasta junio de 1995. Además, se han dibujado las isopiezas para una zona más amplia del acuífero en las siguientes fechas: octubre de 1992 (fig: 3.5.c), junio de 1993 (fig: 3.5.d) y octubre de 1993 (fig: 3.5.f).

e/ Isopiezas en octubre de 1992

En el mapa correspondiente a octubre de 1992 (fig. 3.5.c) se observa la existencia de un flujo subterráneo de dirección NW-SE en la zona más occidental del mapa, con características muy parecidas a las de años anteriores. En esta situación llama la atención el paralelismo de las isopiezas con la superficie que delimita las Tablas donde en ningún punto se pone de manifiesto que las Tablas estén drenando el acuífero. El PNTD sólo parece recibir cierto aporte de agua subterránea procedente del borde NW.

Si seguimos una línea de flujo (p ej. A-A' en la fig. 3.5.c), observamos que en la zona que atraviesa las Tablas de Daimiel disminuye fuertemente el gradiente hidráulico, pasando de un 0,8% aproximadamente en la zona más noroccidental a un 0,1% sobre las Tablas. El límite superior de la zona saturada bajo las Tablas está regulado por la conexión que tiene con los aportes de agua subterránea procedentes del NW, y por los aportes de aguas superficiales procedentes de la Cañada Lobosa (arroyo que desemboca en el PNTD por su margen derecha) y río Cigüela.

Si continuamos la trayectoria de la línea de flujo A-A', podemos ver que tras el remanso atravesado entre la isopieza de 610 y 605 m, la supuesta línea de flujo atraviesa una zona de alto gradiente, del orden del 1,2%, que se debe a un cambio litológico pasando de margas calcáreas de baja permeabilidad a las calizas (ver figura 3.2.a). Estas calizas presentan una karstificación muy elevada y tienen una alta importancia como acuífero.

f/ Isopiezas de junio de 1993

En la figura 3.5.d. se representa la situación del límite superior de la zona saturada para el mes de junio de 1993. En líneas generales el comportamiento hidrogeológico tiene la misma tendencia que en octubre de 1992. La variación de niveles entre ambas fechas pueden verse en la figura 3.5.e.

En este mapa (fig.3.5.e) se observa cómo desde el borde Este de las Tablas hasta la zona más occidental, los niveles del agua se han recuperado desde pocos centímetros hasta algo más de 3 m. Esto parece lógico si tenemos en cuenta que durante el invierno apenas se realizan bombeos. En particular, el pozo nº 2 (hoja 761-1) situado próximo a los Ojos del Guadiana, se ha recuperado 4,75 m. Este ascenso parece demasiado grande y probablemente se deba a que la medida efectuada en octubre de 1992 fuera un nivel dinámico.

La mitad norte de las Tablas experimenta una subida de niveles que oscilan entre 0 y 0,6 m. Este ascenso se puede atribuir a la recarga que producen los bombeos de los pozos del parque sobre la laguna, como medida de recuperación dentro del Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel, y a las aportaciones de residuos líquidos urbanos de la localidad de Villarrubia de los Ojos. Estos residuos se vierten al Cigüela justo antes de su confluencia con el PNTD, y no todos pasan por el filtro verde que existe junto al río Cigüela a la entrada de Las Tablas.

Toda la zona situada al NW de las Tablas, al contrario de lo que ocurre con la zona oriental estudiada, presenta descensos del nivel del agua entre pocos centímetros y algo más de medio metro. Esto se explica si consideramos que en éste área no existen grandes regadíos debido a la naturaleza de un substrato poco permeable. En esta zona no existen sondeos profundos y la mayor parte de las captaciones corresponden a pequeños pozos de uso doméstico, donde la recarga del acuífero está regulada exclusivamente por las precipitaciones. Entre el 1 de Octubre de 1992 y el 31 de mayo de 1993 la precipitación total fué tan solo de 250 mm (Estación de Ciudad Real Instituto), inferior a la media para esta región (ver capítulo 2.1.3).

g/ Isopiezas de octubre de 1993

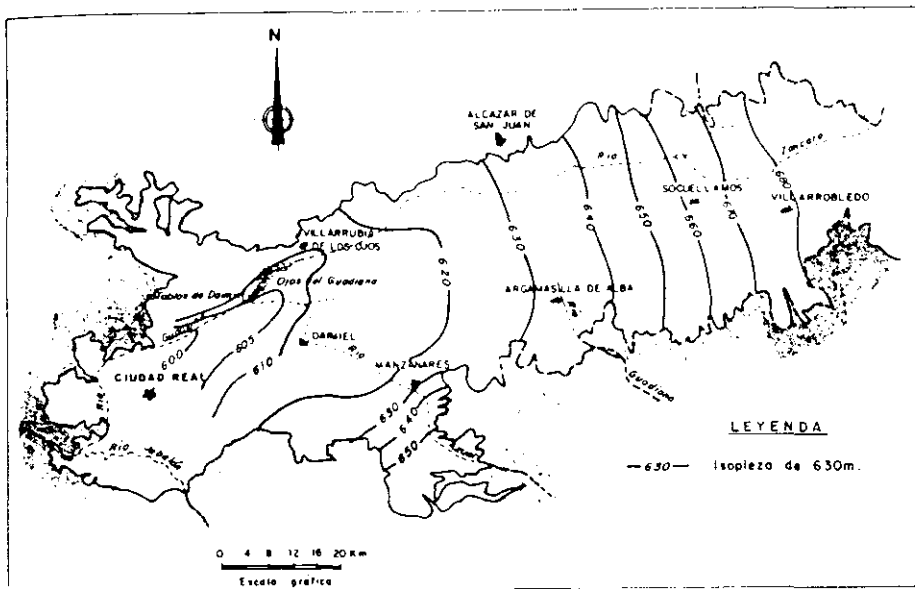
El último mapa de isopiezas o mapa del límite superior de la zona saturada que analizaremos en esta Tesis Doctoral, corresponde al mes de octubre de 1993 (fig: 3.5.f). Para seguir su interpretación vamos a apoyarnos en el mapa de isovariación de niveles (VI/93 - X/93) de la figura 3.5.g. Este periodo de tiempo corresponde a los meses de mayor regadío y por lo tanto es cuando el nivel del agua se encuentra a más profundidad.

En líneas generales al este de las Tablas los niveles han descendido desde pocos centímetros en el propio Parque hasta 5,5 metros en la zona más occidental. Los descensos máximos se localizan en el valle del Guadiana aguas abajo del PNTD, donde están los pozos para abastecimiento de Ciudad Real, y en la zona de los Ojos del Guadiana, donde había grandes plantaciones de maíz en esas fechas y también están los pozos de abastecimiento a Daimiel.

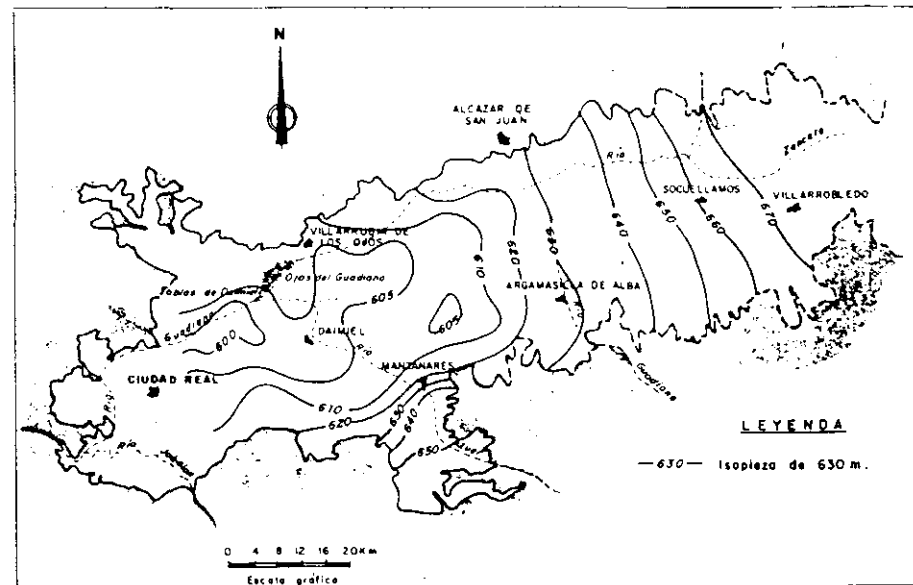
Comparando la cota del agua en octubre de 1993 con la de octubre de 1992 comprobamos que el descenso generalizado para este año está comprendido entre 1 y cerca de 2 m.

En esta Tesis no se han realizado más mapas de isopiezas de toda la zona

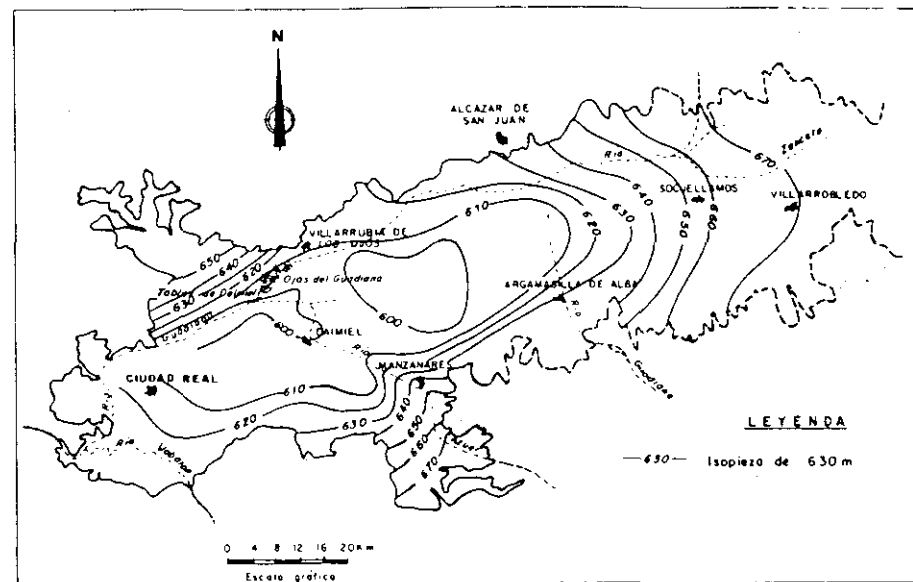
en conjunto, pero si se han continuado con las medidas en los pozos más representativos del área de estudio hasta fechas muy recientes (junio 1995). La evolución de estos hidrogramas se comentan en el apartado 1.3.3.2 (iii) y pueden verse en el anejo III.



- ESQUEMA PIEZOMETRICO DE LA LLANURA
MANCHEGA (SEPTIEMBRE 1980)

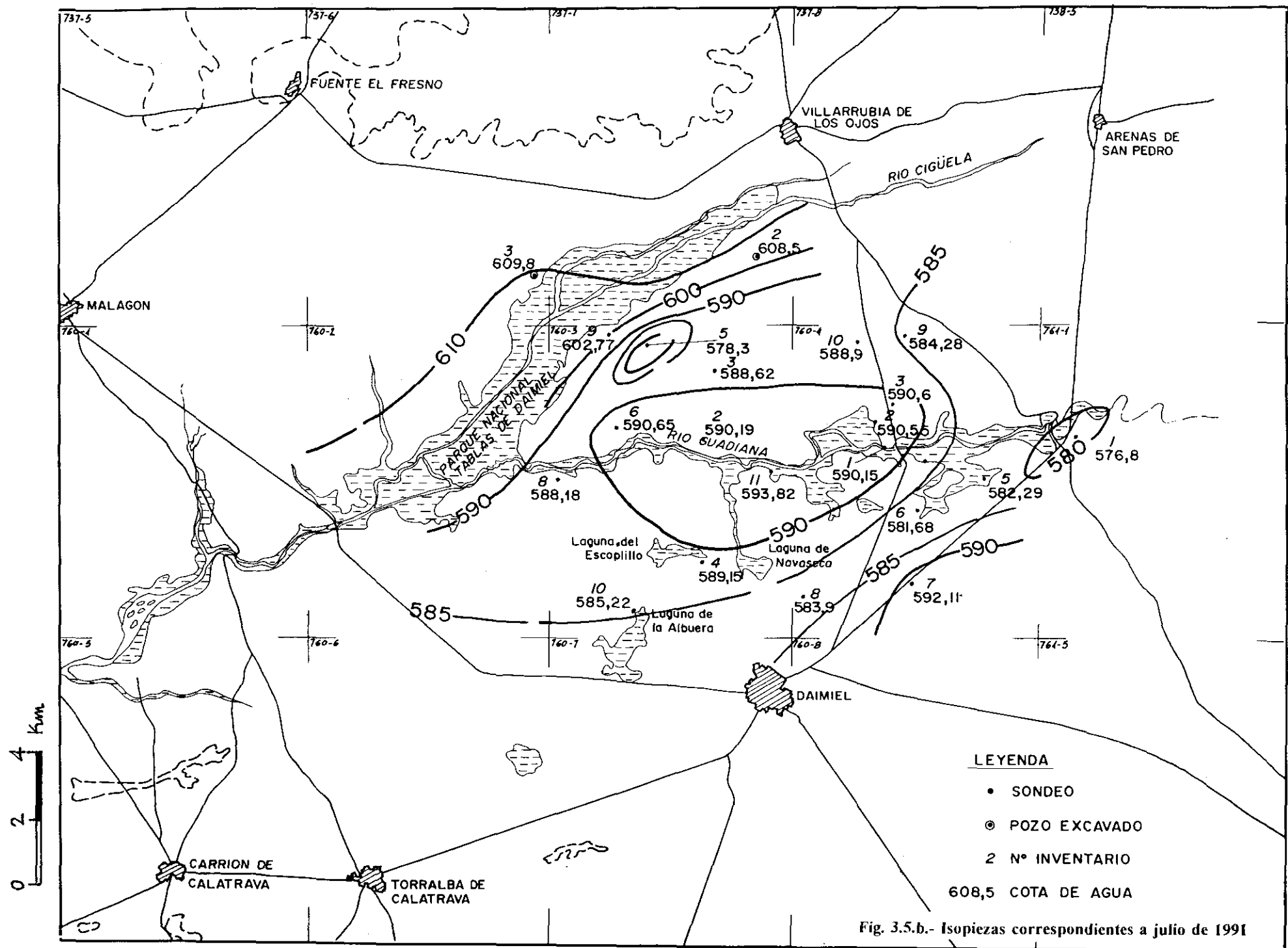


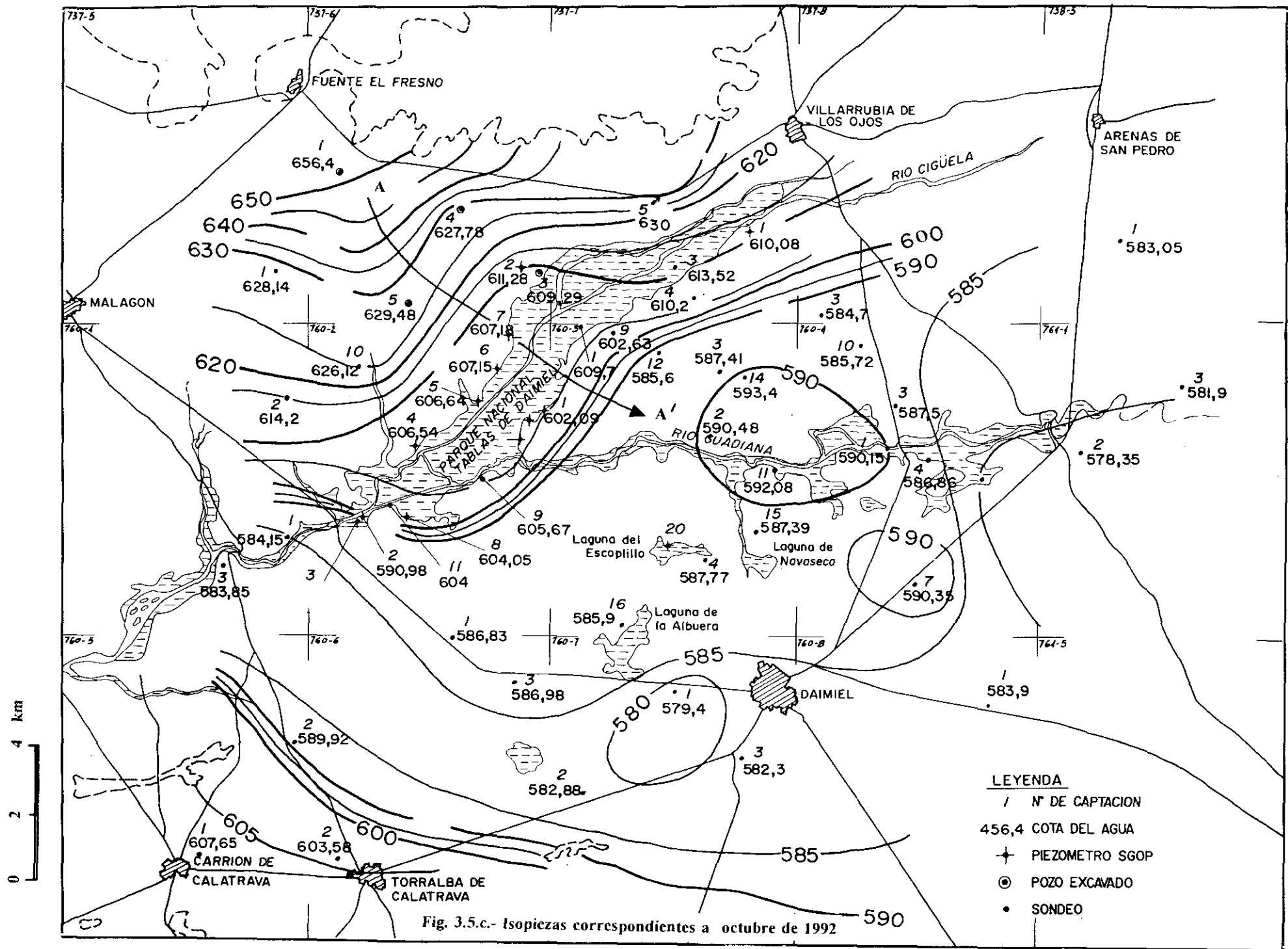
- ESQUEMA PIEZOMETRICO DE LA LLANURA
MANCHEGA (SEPTIEMBRE 1984)

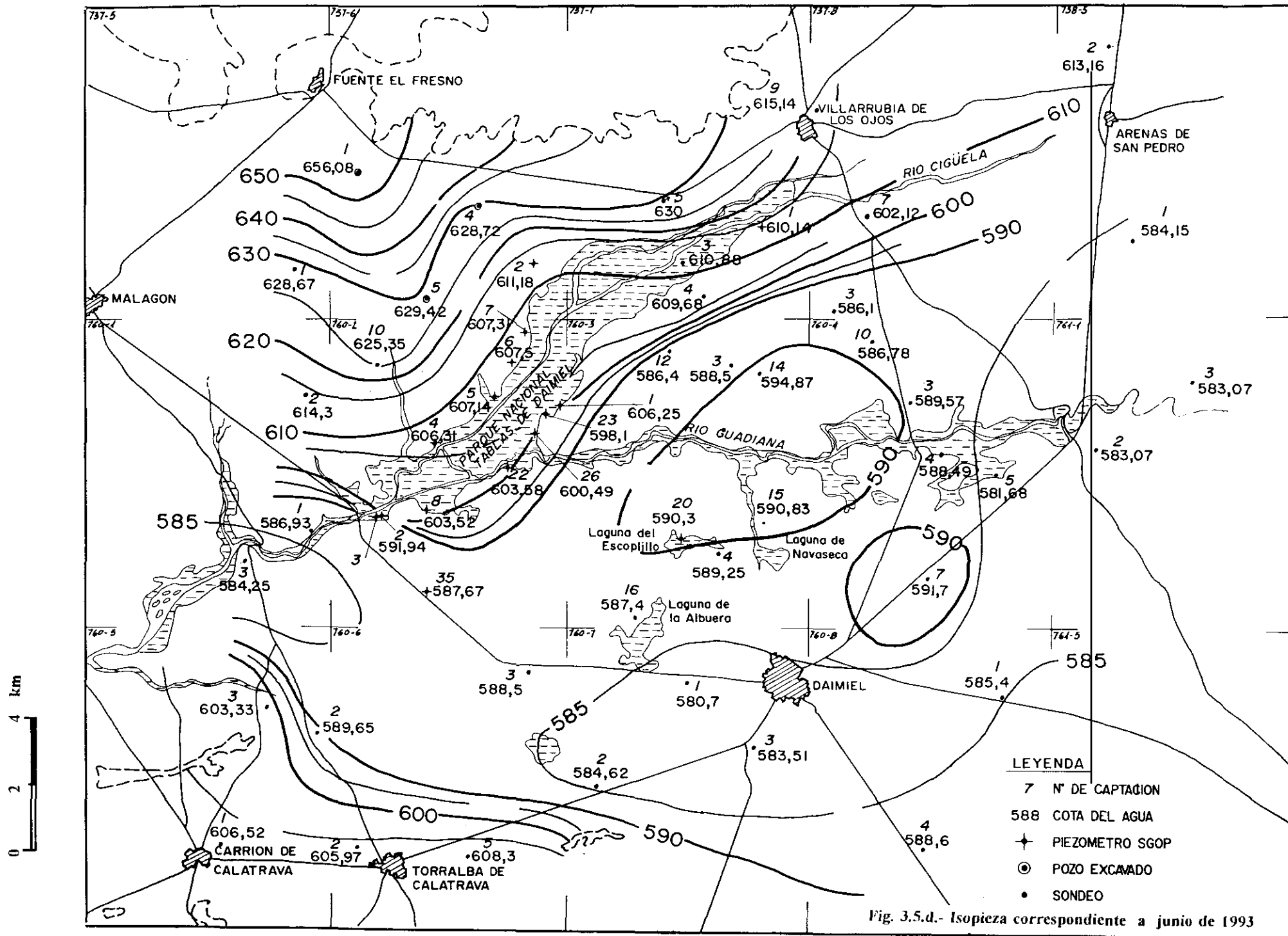


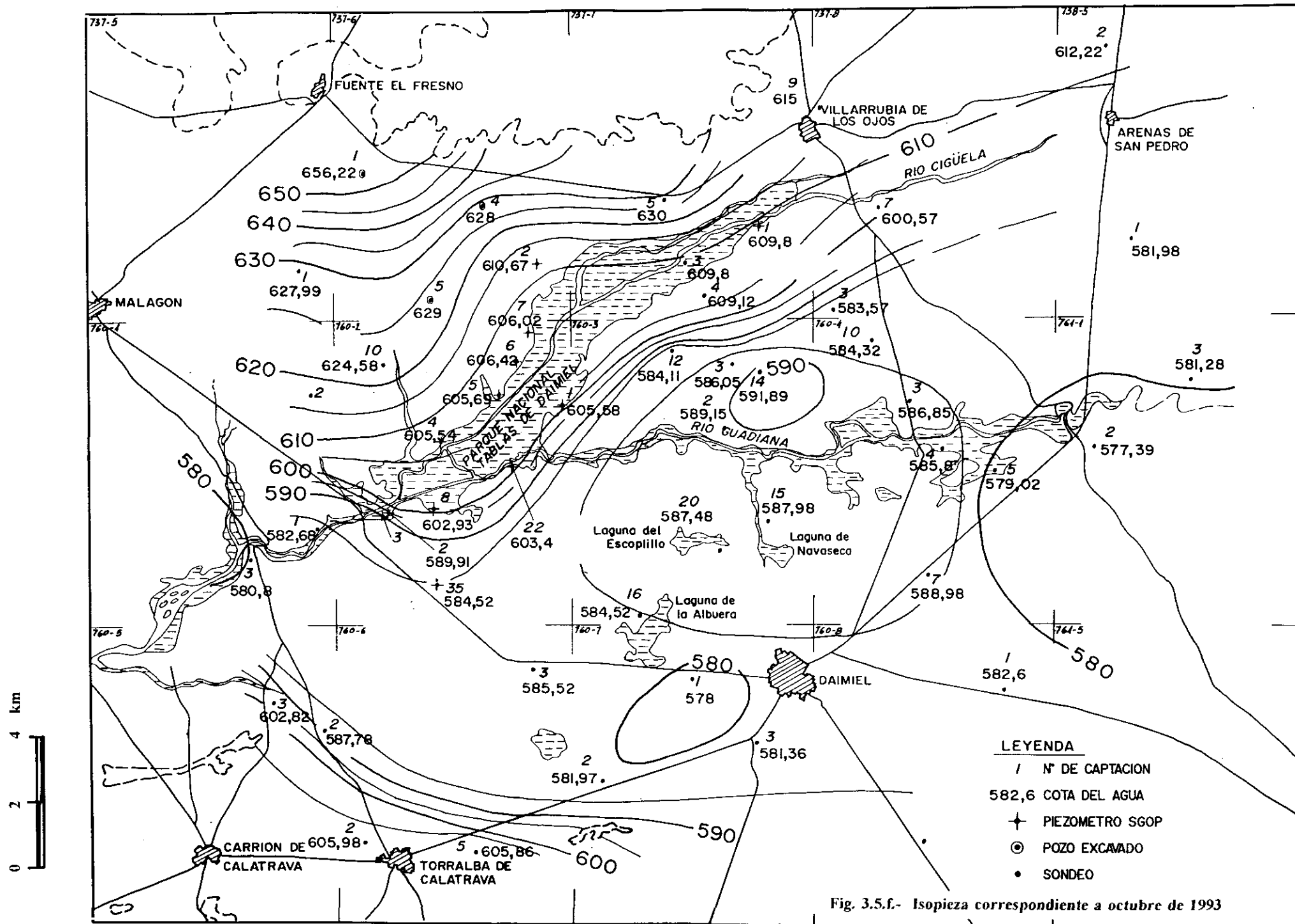
- ESQUEMA PIEZOMETRICO DE LA LLANURA
MANCHEGA (OCTUBRE 1987)

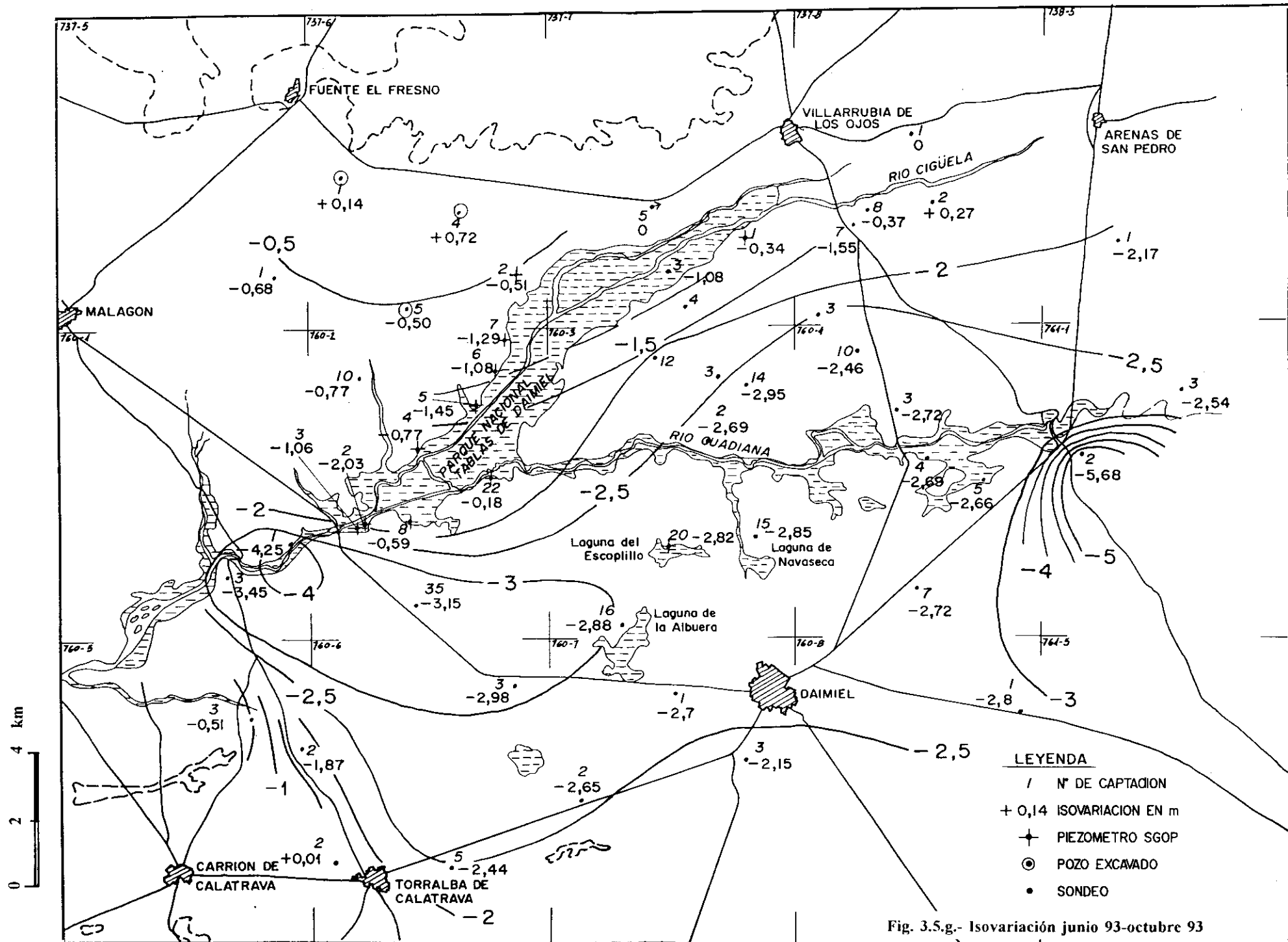
Fig. 3.5.a.- Isopiezas correspondientes a septiembre de 1980, IX/1984
y X /1987 (Según SGDGH,1991)











3.5.2.3.- Perfiles hidrogeológicos

Una vez comentados los mapas de isopiezas, para comprender mejor el funcionamiento hidrogeológico de esta zona, vamos a describir una serie de perfiles verticales cuya situación puede verse en la figura 3.2.c.

La metodología de trabajo utilizada para elaborar dichos perfiles se comentó en los apartados 1.3.3.1 y 1.3.3.2. Para facilitar la interpretación de estos perfiles recordamos que las medidas de niveles en pozos se representan con un triángulo invertido, los pozos cuya profundidad es conocida terminan con un punto en el fondo y la situación de sondeos con columna litológica descrita puede verse en la figura 3.2.c.

a/ Perfil I-I' (fig. 3.5.h).

Representa un corte de dirección NW-SE que corta diagonalmente toda la zona de trabajo (fig. 3.2.c). Las características observables más importantes de este perfil son:

1 - Los materiales paleozoicos de la zona NW forman el límite inferior y borde impermeable del gran acuífero de la Llanura Manchega.

2 - En la zona NW de Las Tablas y bajo las mismas, los materiales del Mioceno - Plioceno presentan abundantes cambios laterales de facies con grandes lentejones yesíferos.

3 - Hacia el SE se diferencian con claridad las calizas pliocenas muy karstificadas que constituyen la unidad hidrogeológica superior del acuífero de la Llanura Manchega. Estas calizas se apoyan sobre materiales detríticos arcillosos que en esta zona actúan como límite inferior del acuífero. Hacia el Este los materiales detríticos forman un acuitado que separa la unidad hidrogeológica superior de la inferior formada por depósitos mesozoicos (ver capítulo 2.2).

4 - El nivel del agua entre 1980 (situación parecida al régimen natural) y 1993 ha tenido un descenso que ha sido máximo en la zona de los "Ojos del Guadiana" (30 - 40 m), dejando de ser un área de descarga del acuífero.

La zona noroeste de Las Tablas como ya se comentó en la descripción de los mapas de isopiezas, no ha tenido apenas variación del nivel del agua, debido a su escasa permeabilidad.

b/ Perfil II-II' (ver figura 3.5.i)

Es un corte paralelo al borde N del acuífero donde predominan las facies margosas y arcillosas del Mioceno - Plioceno de permeabilidad media o baja. En el borde más oriental de este perfil las calizas empiezan a tener más desarrollo.

El nivel del agua en octubre de 1993 se ha dibujado a partir de medidas directas en varios pozos y del mapa de isopiezas que nosotros mismos elaboramos para esa fecha. Respecto a la evolución de los niveles en los pozos se observa una tendencia similar a la descrita en el perfil I-I'.

c/ Perfil III-III' (figura 3.5.i)

Su interpretación es muy parecida a la del perfil I-I'. Los rasgos más significativos que podemos observar son :

1 - Al NW de Las Tablas el substrato está formado por materiales arcillosos y margas poco permeables.

2 - Las calizas pliocenas tienen mayor desarrollo hacia el ESE.

3 - El pozo nº 19308002 nos permite conocer la profundidad a la que se encuentra el Paleozoico en las proximidades de la localidad de Daimiel.

4 - La evolución de niveles no difiere de la descrita en el perfil I-I'.

d/ Perfil IV-IV' (Fig: 3.5.k)

Es un corte subparalelo al anterior. Está situado cerca del borde SW de la zona de trabajo y se aproxima a lo que se considera el límite oriental del acuífero. En él podemos ver:

1 - La proximidad a la que se encuentra el zócalo Paleozoico de la superficie.

2 - La existencia de unos materiales miocenos - pliocenos de naturaleza predominantemente margosa y arcillosa que indican la cercanía del límite suroccidental del acuífero. En la figura 3.5.f se observa que efectivamente en la parte SW las isopiezas se juntan indicando un substrato menos permeable.

3 - La laguna de Navaseca ha dejado de drenar el acuífero y en 1993 y el nivel se situaba unos 15 m por debajo de ella en 1993. El flujo subterráneo se invierte pasando de sentido SE-NE a NW-SE al este del río Guadiana.

e/ Perfil V-V' (fig: 3.5.l)

Se trata de un corte paralelo al borde NW de Las Tablas de Daimiel. Como en los casos anteriores es importante observar los abundantes cambios laterales de facies que aparecen en esta zona. Desde el punto de vista hidrogeológico se puede ver:

1 - El nivel freático en la mitad NE del Parque se encuentra muy próximo a la superficie del terreno, sin haber sufrido apenas variaciones desde 1980. Esto se explica por la naturaleza poco permeable de la zona NW de Las Tablas. En junio de 1995 los niveles del agua de los pozos situados en esta misma zona se

sitúan aproximadamente un metro por debajo de lo que se dibuja en esta figura (ver hidrogramas anejo III).

2 - La mitad SW del perfil presenta una diferencia de la cota del agua de unos 30 m con respecto a su situación en régimen más o menos natural (1980). Esto se explica si tenemos en cuenta que el perfil desde Puente Navarro hacia el SW pasa a una zona de mayor permeabilidad, que está altamente influenciada por los bombeos de los pozos situados en esa zona (ver fig: 3.5.e y 3.5.g), destinados al abastecimiento de Ciudad Real en épocas de emergencia.

f/ Perfil VI-VI' (fig: 3.5.m)

Se representa la margen izquierda del PNTD. La interpretación es muy parecida a la del perfil V-V'.

En los perfiles VII-VII' y VIII-VIII' (figuras 3.5.n a 3.5.p) que se describen a continuación, se representan cortes hidrogeológicos transversales a las Tablas de Daimiel con una escala vertical exagerada que facilita la interpretación.

g/ Perfil VII-VII' (fig: 3.5.n)

Se trata de un zoom del perfil III-III' (figura 3.5.j) en la zona de Las Tablas de Daimiel. Muestra claramente la asimetría de los materiales a ambos lados de Las Tablas. El borde NW es margoso y arcilloso poco permeable y el SE está representado por calizas muy karstificadas. Se representa además la evolución de los niveles desde una situación de régimen más o menos natural hasta junio de 1995.

h/ Perfil VIII-VIII' (figura 3.5.ñ)

Este perfil viene a ser una ampliación del VII-VII', pero situado algo más al sur (ver fig. 3.2.c). La interpretación del flujo subterráneo que damos para

distintas fechas es la siguiente:

1.- En régimen natural (años 70 aproximadamente) Las Tablas de Daimiel eran una zona de descarga de agua subterránea, que recibía aportes procedentes de su margen izquierda y de su margen derecha.

2.- En junio de 1993 Las Tablas de Daimiel están totalmente desconectadas del flujo procedente de la parte oriental. El límite superior de la zona saturada en el borde NW empieza también a desconectarse. Al parecer, son los aportes de agua que se producen con bombeos desde pozos en el mismo Parque, los que probablemente permiten que para esa fecha no se produzca una desconexión total entre el nivel freático y el nivel del agua en la laguna.

3.- El nivel freático sigue descendiendo en el borde NW de Las Tablas, y parece que por estas fechas se produce la desconexión total entre la laguna y el nivel freático. Suponemos que en esta situación el nivel freático bajo Las Tablas debe experimentar un pequeño abombamiento debido a la recarga que recibe por infiltración del agua de la laguna. Para confirmar esta idea se deberían instalar algunos piezómetros someros.

i/ Perfil IX-IX' (figura. 3.5.o)

Es un corte paralelo a la presa de Puente Navarro. La geología se ha dibujado a partir de la información de los sondeos que se hicieron para el estudio de la presa y que se recogen en el informe del SGOP (1982a).

La interpretación hidrogeológica que damos está basada principalmente en las medidas que hemos realizado en la escala de la presa, y en los piezómetros nº 19302003 (19 m de profundidad) y nº 19302002 (81 m de profundidad). La descripción de cómo han evolucionado los niveles del agua en estos piezómetros y su interpretación, se describe en el apartado 3.5.2.4.

j/ Perfil X-X' (figura 3.5.5.p)

Es un corte de dirección N-S del Río Cigüela antes de su confluencia con Las Tablas de Daimiel. En este corte se observa cómo de Norte a Sur los depósitos pasan lateralmente de materiales margo - arcillosos de baja permeabilidad a caliza karstificada (ver fig: 3.2.a).

En la zona norte del Río Cigüela el nivel freático está entre la cota 620 y 610 m. Por tratarse de materiales de baja permeabilidad en esta zona apenas se han efectuado bombeos en los últimos años. Este área se comporta de forma similar a la zona situada al NW de Las Tablas comentada en perfiles anteriores. La recarga del agua subterránea en la zona N está regulada por las precipitaciones directas que caen en la zona y por la infiltración desde la raña de piedemonte situada al borde de la sierra (ver figura 3.2.a).

El Río Cigüela tiene un ancho valle aluvial formado por gravas, arenas, limos y turba más localmente. Este valle aluvial forma un acuífero detrítico de alta permeabilidad donde en la actualidad se realiza explotación de la grava.

En régimen no perturbado del acuífero el nivel freático debía tener una posición aproximada a la que se muestra en la figura 3.5.p con (1), donde todo el valle del Cigüela tenía encharcamientos estacionales y existían numerosos manantiales y "Ojos". En esta situación se podía considerar un nivel freático para el aluvial del Cigüela algo inferior al del acuífero colindante en ambos márgenes. El Cigüela era normalmente un río ganador salvo en épocas secas.

La situación actual (1995) es muy distinta. En el perfil X-X' puede verse que en la zona sur el nivel freático ha descendido entre 25 y 30 m como consecuencia de los regadíos de la Llanura Manchega, y el aluvial del Río Cigüela parece haber pasado a constituir un colgado. La permeabilidad de este acuífero detrítico es alta. Esto puede comprobarse en los pozos someros próximos al cauce del Cigüela que acusan con rapidez un ascenso del nivel freático en épocas durante las que

se han hecho derivaciones de agua procedentes del ATS por el cauce del río.

La interpretación de esta figura se ha podido hacer gracias a un detallado conocimiento de la geología (a partir de sondeos), a observaciones del nivel del agua en las graveras y a medidas en el piezómetro nº 19298007. Este piezómetro del SGOP tiene una profundidad de 57 m y está ranurado en toda su profundidad. Al hacer las medidas vemos que el nivel freático está a una profundidad de unos 18 m (ver hidrograma P.19298007 en anejo III) y que existe un goteo desde un nivel superior a unos 11 m de profundidad.

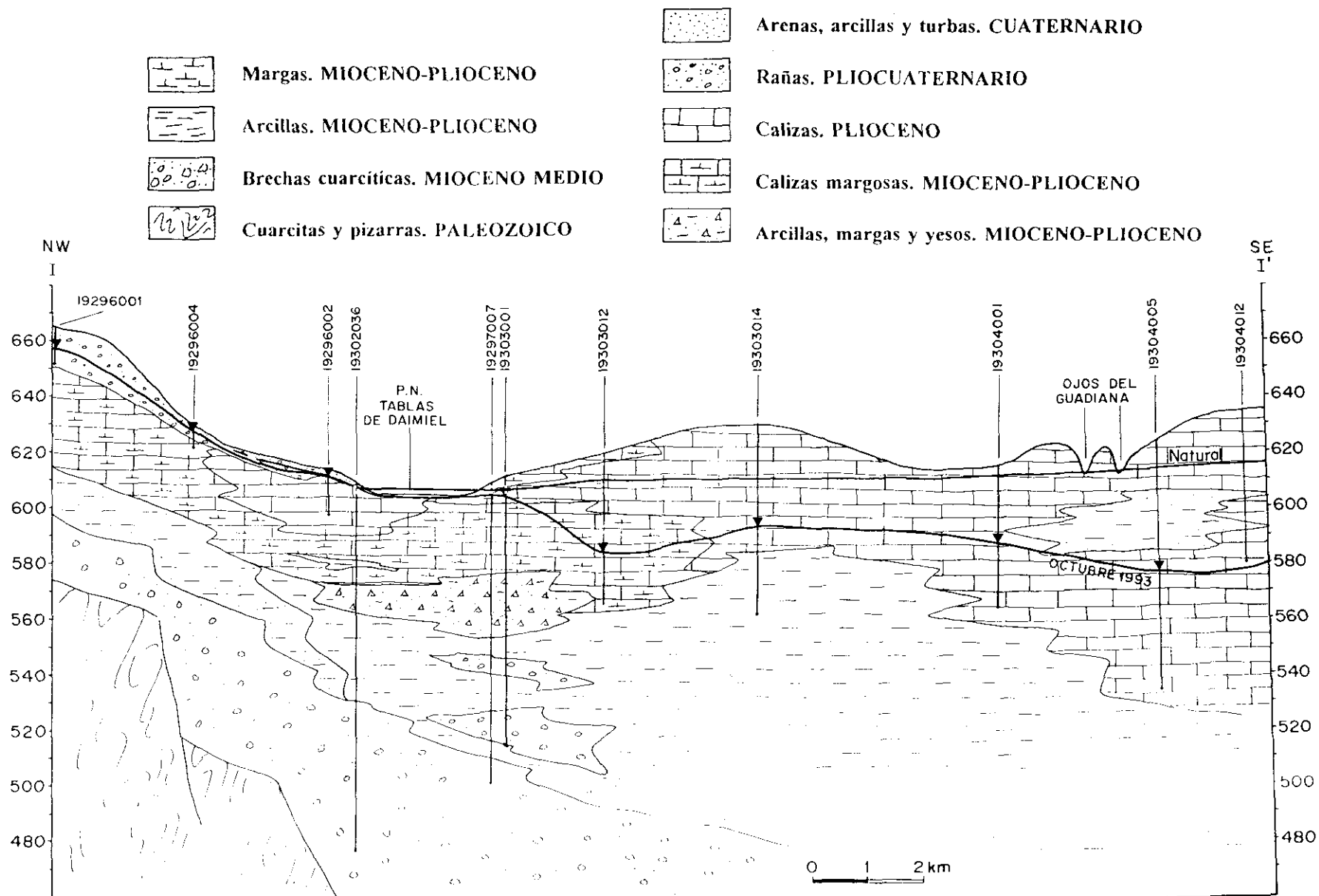


Fig. 3.5.h.- Perfil hidrocológico I-I'

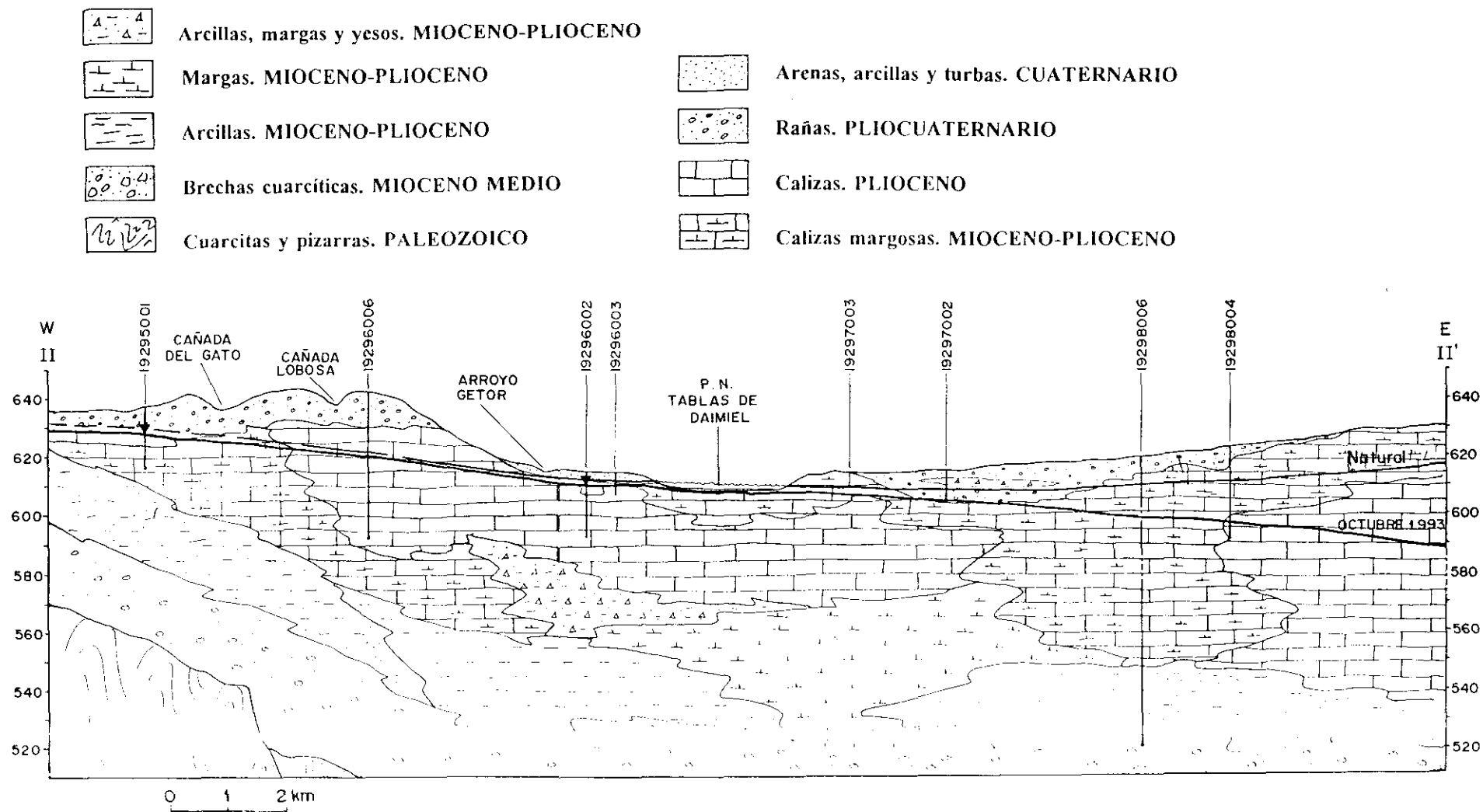


Fig. 3.5.i.- Perfil hidrogeológico II-II'

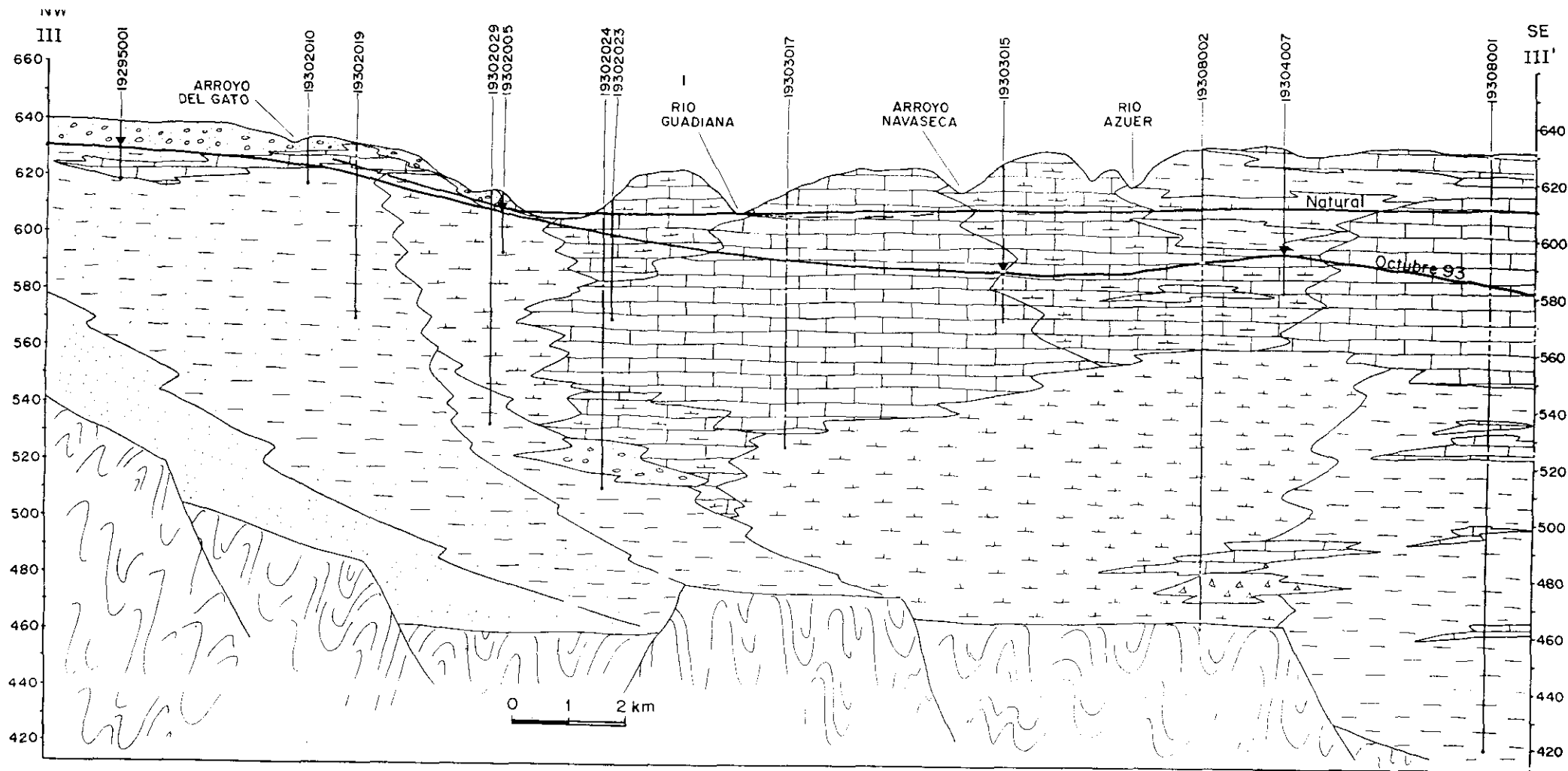











Fig. 3.5.j.- Perfil hidrogeológico III-III'

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Arcillas, margas y yesos. MIOCENO-PLIOCENO |  | Arenas, arcillas y turbas. CUATERNARIO |
|  | Margas. MIOCENO-PLIOCENO |  | Rañas. PLIOCUATERNARIO |
|  | Arcillas. MIOCENO-PLIOCENO |  | Calizas. PLIOCENO |
|  | Brechas cuarcíticas. MIOCENO MEDIO |  | Calizas margosas. MIOCENO-PLIOCENO |
|  | Cuarcitas y pizarras. PALEOZOICO | | |

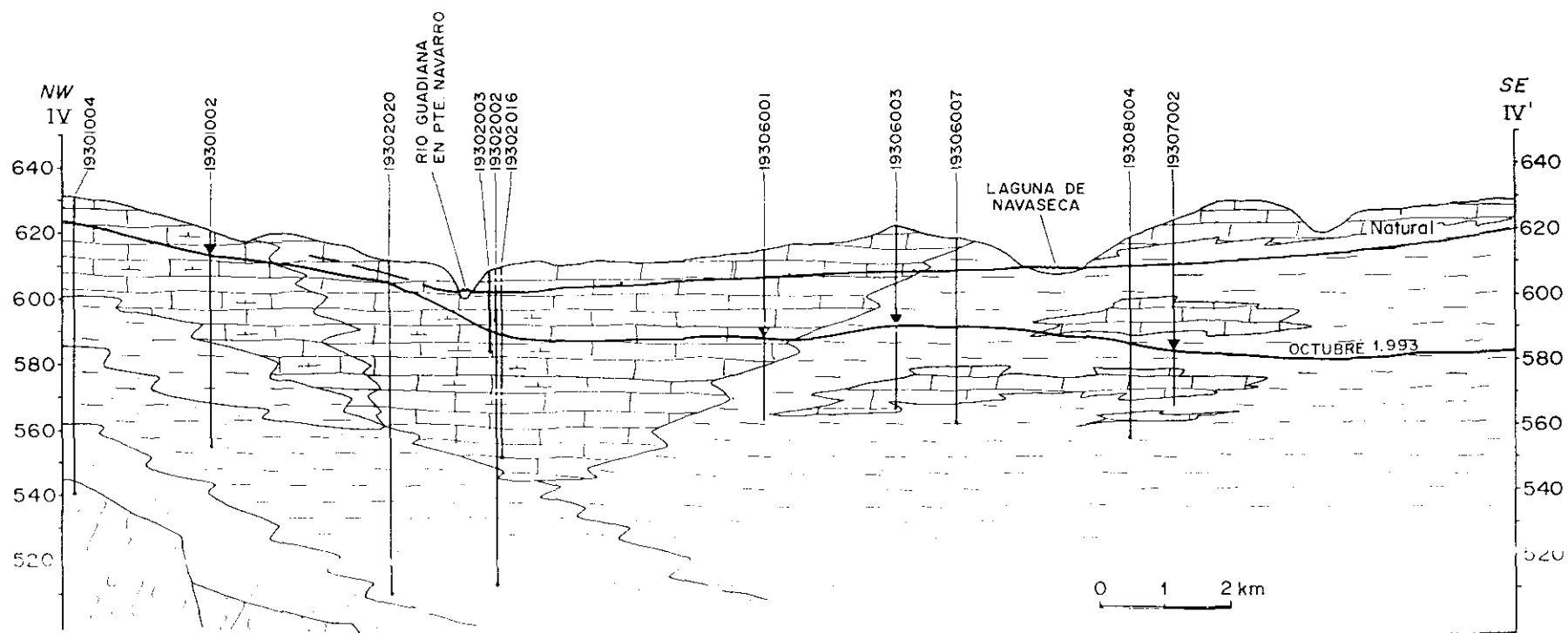


Fig. 3.5.k.- Perfil hidrogeológico IV-IV'

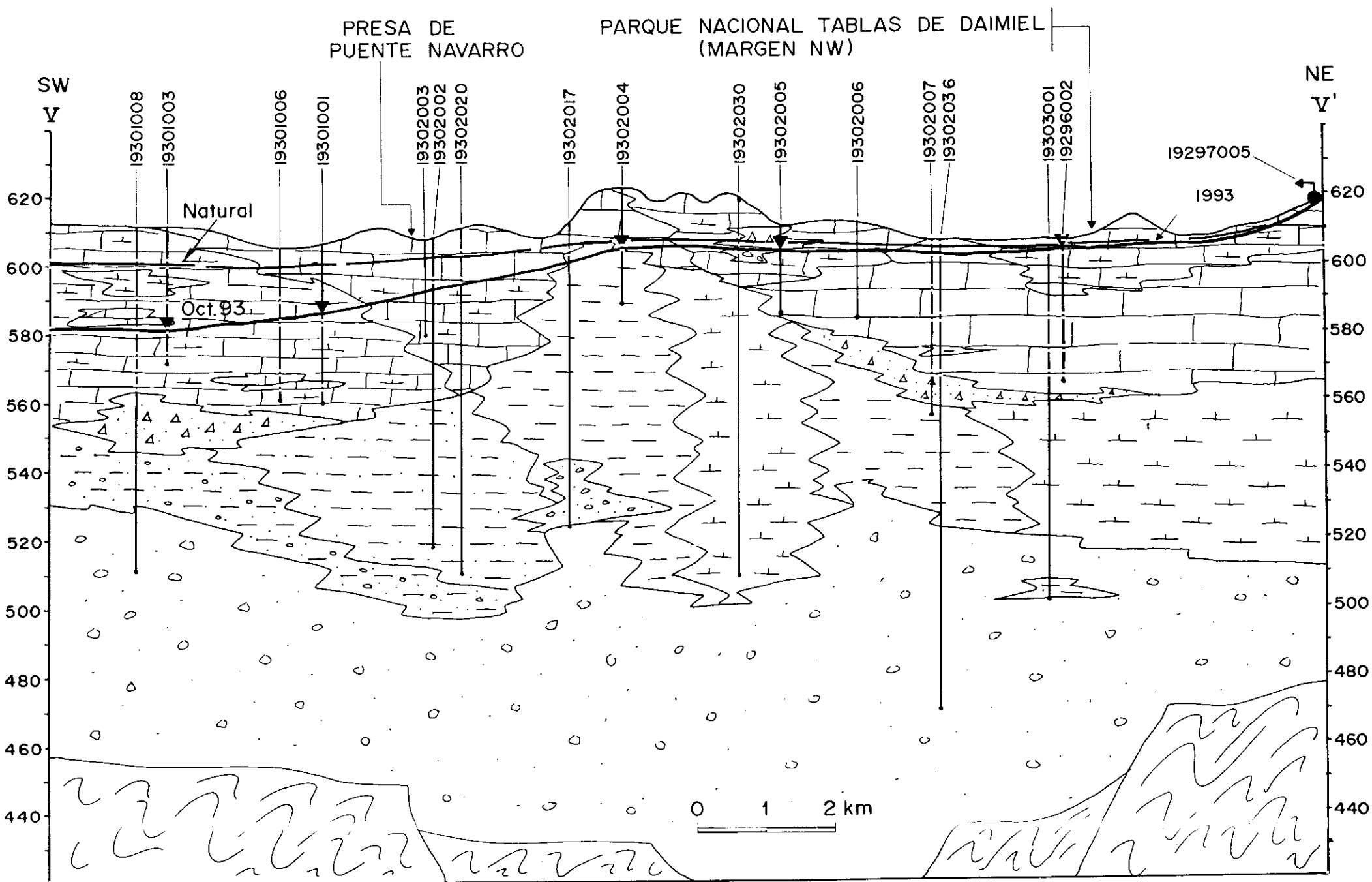
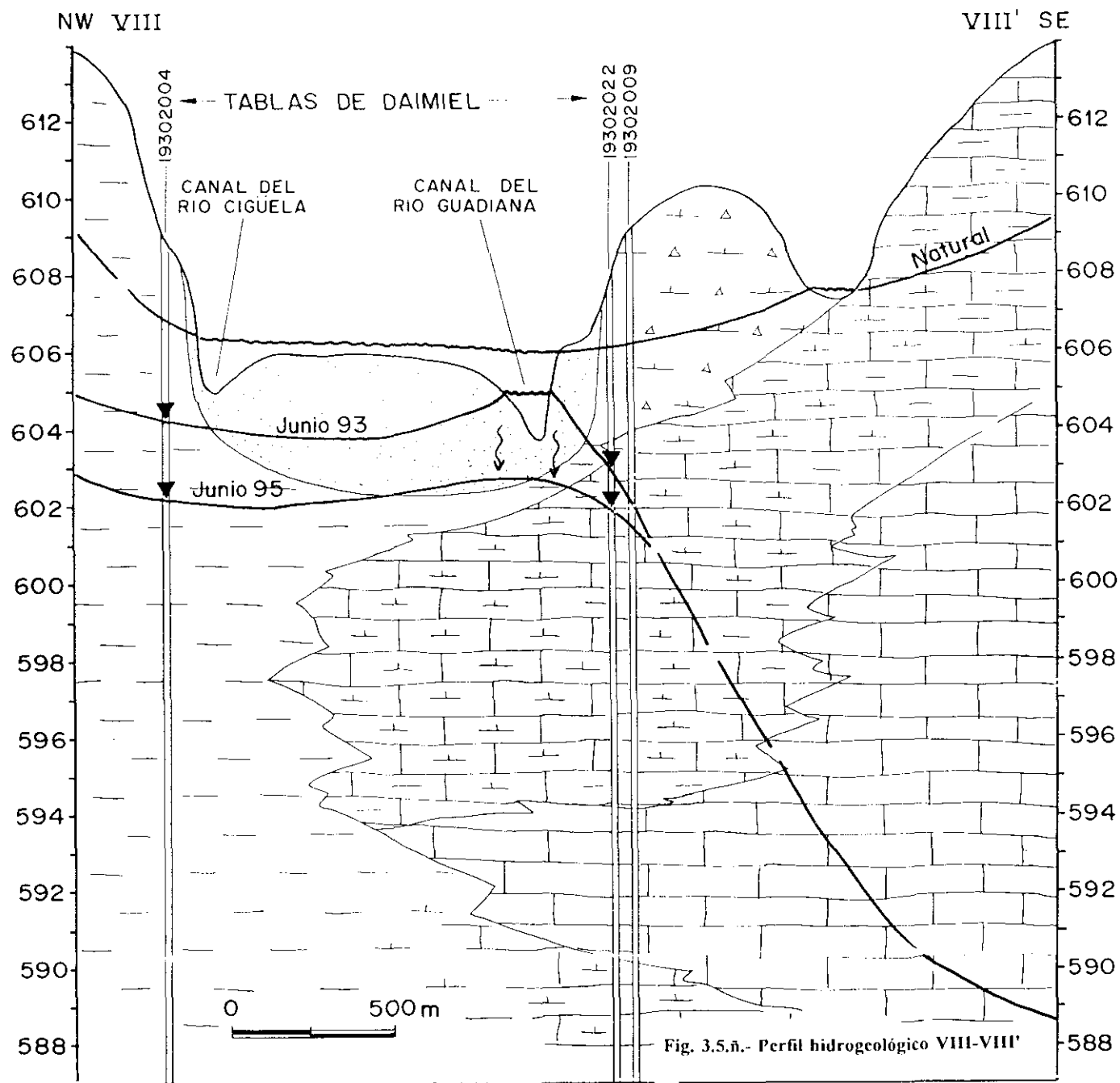


Fig. 3.5.l.- Perfil hidrogeológico V-V'



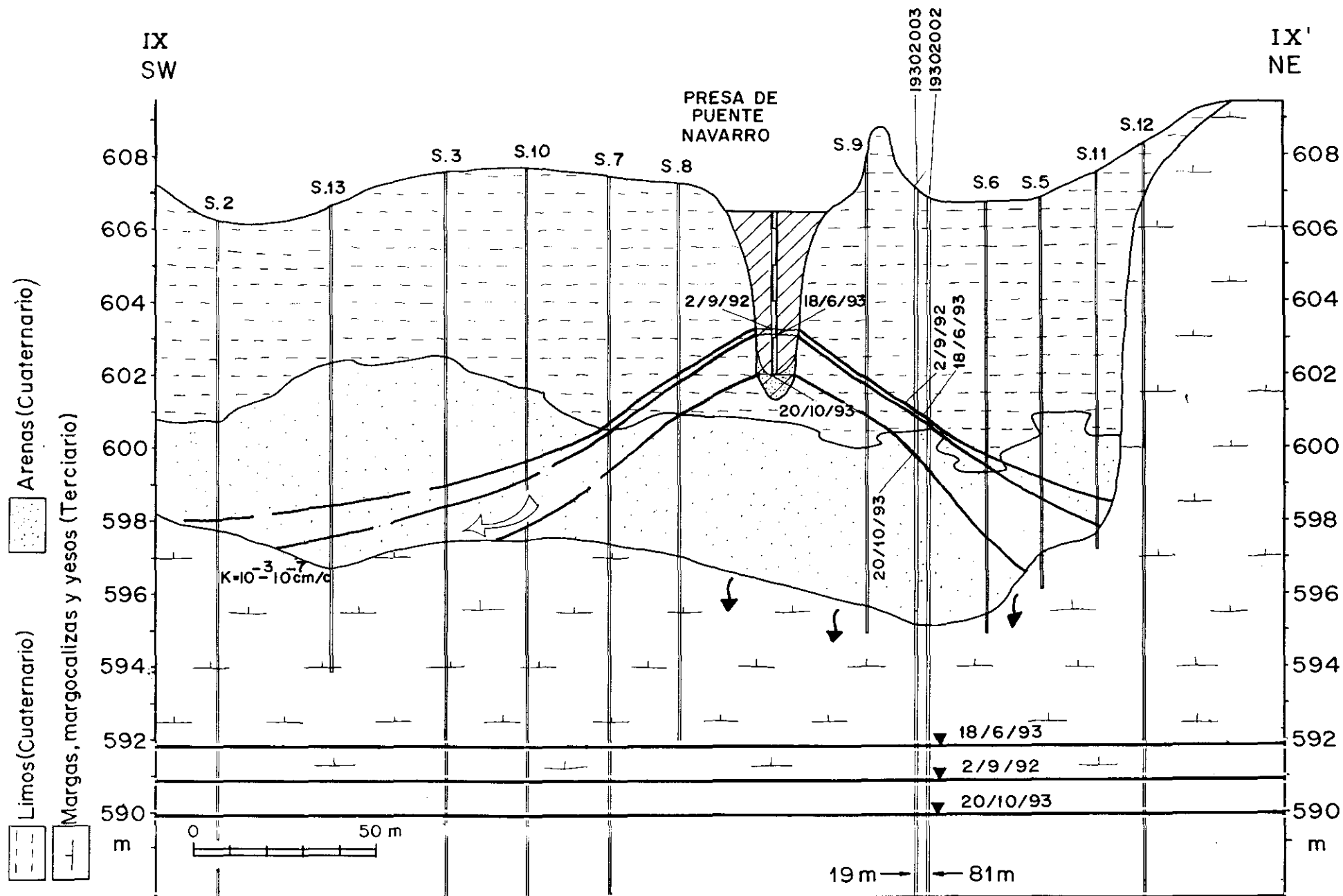


Fig. 3.5.o.- Perfil hidrogeológico IX-IX'

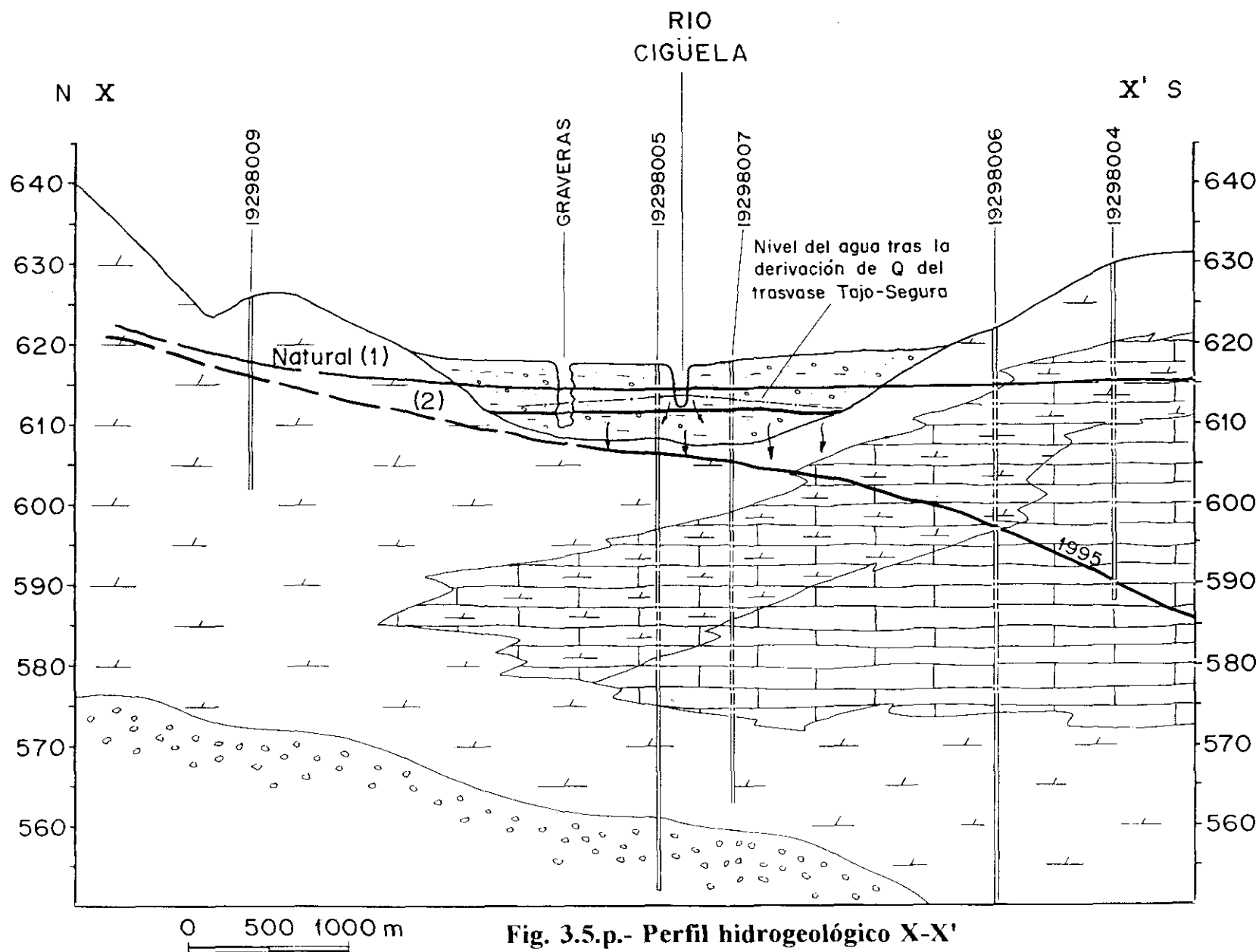
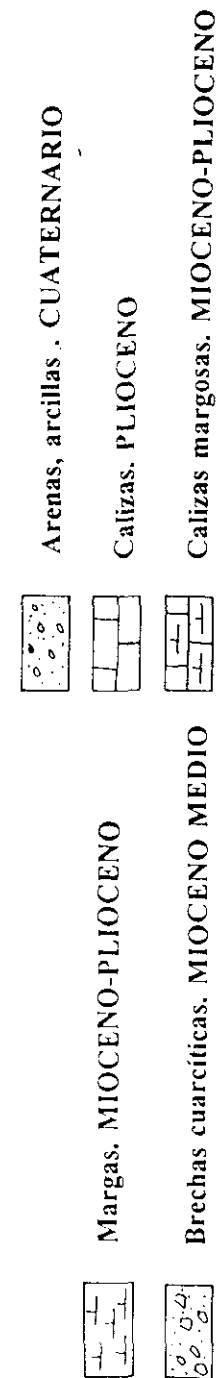


Fig. 3.5.p.- Perfil hidrogeológico X-X'

3.5.2.4.- Estudio de la evolución de hidrogramas

i.- Características generales

Para estudiar la evolución de niveles en los pozos nos hemos basado en la interpretación de los hidrogramas que presentamos en el anejo III, de los cuales los más característicos se presentan en la figura 3.5.q.

Se advierte al lector para que no cometa errores en una interpretación rápida, que no todos los hidrogramas comprenden el mismo periodo de tiempo ni tienen la misma escala vertical en su representación, por razones que se irán viendo más adelante.

Se han medido los piezómetros situados alrededor del PNTD con una periodicidad casi mensual, desde 1992 hasta junio de 1995. Las medidas no comienzan todas en el mismo mes por no conocer la existencia de ese piezómetro hasta la fecha en que se comenzaron las medidas, por las dificultades comentadas previamente.

Por otra parte, se ha representado la piezometría en pozos alejados del PNTD. Casi todos estos hidrogramas no tienen exactamente la misma serie de años, pues con objeto de comparar la evolución de los niveles desde un régimen natural hasta la actualidad, se han utilizado piezómetros del ITGE y del SGOP que tenían medidas antiguas.

Cuando los pozos medidos por nosotros durante los últimos tres años coincidían con los de la red del SGOP, y este organismo disponía de medidas antiguas, también se han representado. En particular, en el informe SGDGOH (3/93) se incluyen las medidas del periodo comprendido entre julio de 1990 y marzo de 1992 de algunos piezómetros comunes con los nuestros.

La piezometría de los pozos del ITGE se ha representado con los valores

de la base de datos del dicho organismo, facilitados en junio de 1995. El periodo de tiempo que comprenden estos piezómetros es variable, comenzando la mayoría en 1974 y finalizando en 1989, 1991 o 1993. Por el momento dicha base de datos no dispone de medidas posteriores.

A cada pozo le hemos asignado una numeración propia, indicando entre paréntesis la numeración original del ITGE o del SGOP en el caso de que fuera el mismo pozo.

A continuación se describen todos los hidrogramas que hemos analizado, cuya representación y localización puede verse en el en el anejo III. En la figura 3.5.q sólo se representan los más significativos.

ii.- Piezómetros cercanos al PNTD

El origen de los datos representados para distintas fechas se indica en cada hidrograma. Las medidas efectuadas por nosotros comienzan en julio de 1992 y nos han permitido completar las series del SGOP que terminaban en abril de 1992.

La evolución de estos piezómetros está en relación con la superficie inundada del Parque, que a su vez depende de las aportaciones procedentes del ATS y de los bombeos que se hacen desde el mismo Parque.

En algunos de los piezómetros que hemos representado se muestra la relación entre el nivel piezométrico y la superficie inundada para el mismo periodo de tiempo.

A continuación se comentan las características observables más significativas de cada uno de los piezómetros (ver figura 3.5.q y anejo III).

P. 19297001. Se sitúa en la antigua llanura de inundación del río Cigüela

situado a unos 100 m del cauce del río. En profundidad esta zona está constituida por materiales detríticos en general de baja permeabilidad (ver fig. 3.5.q).

El río Cigüela en este punto es el colector de las aguas residuales de Villarrubia de los Ojos que no llegan a pasar por el filtro verde de dicha localidad, situado en la otra margen del río. Esta aportación constante de aguas residuales puede contribuir al mantenimiento de los niveles que se observan en este lugar.

En marzo de 1994 se aprecia un pequeño pico en el gráfico representado, que puede responder al paso del agua procedente de Acueducto Tajo-Segura (ATS) en esas fechas, que se infiltra en el aluvial del río Cigüela.

P. 19298007. Este piezómetro ha sido clave para la interpretación de la figura 3.5.p (ver anejo III). En el periodo (XI/1993 - VI/1995) el descenso observado de las medidas que nosotros hemos realizado ha sido de casi 5 metros. Aunque esta no es zona de bombeos importantes se aprecia la fuerte extracción que están realizando pozos situado pocos kilómetros hacia el sur (ver mapa de isopiezas de la fig. 3.5.f).

La pequeña elevación que se observa en abril de 1994, parece la respuesta a la derivación de caudales desde el ATS realizada durante enero, febrero y marzo de ese año. Cuando el lecho del río está muy seco, el agua procedente del trasvase se infiltra con mucha rapidez, primero recargando el acuífero que constituyen los depósitos detríticos aluviales del Cigüela y posteriormente infiltrándose al acuífero más profundo. En la figura 3.5.p (perfil X-X') puede verse cómo el aluvial del Cigüela está formando un acuífero colgado sobre el acuífero de la Llanura Manchega propiamente dicho.

P. 19302001. Está situado a orillas del PNTD en su margen izquierda (ver anejo III). La curva que ofrece no nos permite sacar ninguna conclusión, ya que la superficie de encharcamiento en esta zona está regulada por los bombeos que se producen desde el pozo de La Viña (nº 19302037), situado unos 700 al sur de

este piezómetro. Al no conocer el régimen de bombeos de este pozo no es muy oportuno sacar conclusiones.

P. 19302002 y P. 19302003. Se localizan junto a la presa de Puente Navarro (fig.3.5.o y 3.5.q) Debido a la diferencia de niveles que presentan, habría sido muy útil conocer sus características constructivas para hacer una correcta interpretación. Nos ha sido imposible encontrar algún dato al respecto en los informes del SGOP consultados. Para poder dar una interpretación, hemos supuesto por similitud con otros piezómetros que realizó el SGOP en las mismas fechas, que están ranurados a lo largo de todo su entubado. La profundidad de los mismos la hemos obtenido midiendo con una sonda SEBA. El P. 19302002 tiene 81 m de profundidad y el P. 19302003 tiene 19 m.

Según la evolución de estos hidrogramas, se puede intentar dar la siguiente explicación de funcionamiento:

1.- El nivel del agua en el P. 19302002 puede ser un nivel resultante de los niveles piezométricos de las distintas unidades que corta a lo largo de sus 81 m de perforación. El nivel en este piezómetro está situado unos 7 - 10 m más bajo que en el P.19302003 más somero. Esto parece confirmar que hay un flujo natural descendente, lo cual es coherente con la hipótesis de que Las Tablas de Daimiel actualmente constituyen una zona de descarga.

El descenso anual del nivel del agua que se observa es de 2 a 3 metros, tal como ocurre en zonas más alejadas del PNTD. Los niveles máximos se dan entre el invierno y la primavera, y los mínimos en otoño. En régimen natural, cuando el PNTD era zona de descarga de aguas subterráneas, este mismo piezómetro tendría con toda probabilidad un nivel piezométrico por encima de la superficie topográfica.

2.- El nivel en el P.19302003 corresponde al límite superior de la zona saturada resultante de los potenciales que corta en sus 19 m de profundidad,

influenciado particularmente por el nivel superficial del agua en la presa (límite superior de zona saturada de acuífero colgado). De hecho, al comparar el nivel del agua del P.19302003 con el nivel en la escala situada en el interior de la presa de Puente Navarro, parece claro que la cota del agua en el piezómetro está condicionado por la altura de la lámina de agua en la presa. No existe la misma relación entre el P.19302002 y la escala de la presa.

La evolución de estos piezómetros P.19302002 y P. 19302003 parece indicar que muy recientemente (desde hace cinco o seis años) se ha producido una desconexión entre el flujo que se infiltra desde Las Tablas, con el nivel freático de la zona. Esto parece razonable si tenemos en cuenta que la sustracción de agua del acuífero (en esta zona incrementada por los pozos de abastecimiento de Ciudad Real), produce un descenso del nivel freático que no permite que la recarga desde Las Tablas en Puente Navarro, con agua de pozos, produzca la continuidad entre la bolsa de recarga y el acuífero. Según esto, hace pocos años cuando el nivel freático estaba seis metros más alto, existía todavía una continuidad entre la bolsa de recarga formada bajo Las Tablas y el acuífero.

Otra hipótesis que explique la relación relación entre los niveles en ambos piezómetros, puede justificarse sin la necesidad de suponer un nivel colgado bajo Las Tablas, y atribuyendo esta diferencia de niveles al hecho de que por tratarse de una zona de recarga, el piezómetro más profundo tendrá un nivel piezométrico más bajo. Esta hipótesis no termina por explicar la relación tan precisa que hay entre los niveles en el piezómetro poco profundo y los medidos en la escala de la presa.

P. 19302004 (P-3 del SGOP). Está situado en la margen derecha del PNTD. Los datos representados se han obtenido del informe del SGDGOH (3/93) para el periodo desde 7/1990 a 6/1992 y medidas propias para el resto de la serie. Se observa un descenso total de 3 m que se hace más acusado a partir de agosto de 1993. La influencia de las aportaciones del trasvase sobre el nivel del

pozo no llega a verse con demasiada claridad, ya que este piezómetro está situado aguas abajo de la presa interior del Parque, que retiene el agua procedente del ATS. Sólo durante el trasvase de 1991 se aprecia lo que parece ser una respuesta a dichos aportes.

P. 19302005 (P-1 del SGOP). El descenso total desde 1/1991 hasta 6/1995 ha sido de 2,5 metros. Este piezómetro está situado aguas arriba de la presa interior y por ello refleja con mayor rapidez que el P. 19302004 las variaciones del nivel del agua superficial en Las Tablas (bien por bombeos o por aportes del ATS).

P. 19302006 (P-2 del SGOP). Su interpretación es similar a la del P.19302005.

P. 19302007. Comprende un periodo de medidas inferior a los dos pozos anteriores pero tiene una interpretación parecida.

P. 19302008 (T-6 del SGOP). Está situado en la margen izquierda del PNTD, aguas abajo de la presa interior (ver anejo III). El descenso del nivel producido entre 7/1990 y 6/1995 ha sido de 4 metros, algo superior a los observados en la zona NE de Las Tablas. La influencia de los aportes del ATS sobre el nivel freático es pequeña, tal como se explicaba para el P. 19302004 que está situado al norte, en la otra margen del PNTD.

P. 19302022 (T-5 del SGOP). Su comportamiento es similar al P. 19302008 pero con un descenso total menor (anejo III). Esto se debe a que está situado aguas arriba de la presa interior que hay en el PNTD, y está reflejando la recarga que se produce de forma continua con el agua embalsada en esa parte del "Guadiana", que procede en su mayoría del pozo de emergencia de Molino Molemocho. Salvo en el año 1991 la influencia del ATS es muy pequeña.

P. 19302023 (P.19302019 del ITGE y SGOP). Está situado junto al

"embarcadero" del PNTD, muy próximo al centro de recepción del Parque (fig. 3.5.q). Este piezómetro ha sido motivo de medidas realizadas por el ITGE y SGOP hasta 1992, y por nosotros en los últimos tres años. Se ha representado también la superficie inundada del Parque. El origen de los datos sobre superficie inundada ha sido: 1/ entre julio de 1979 y julio de 1987 se han obtenido del trabajo del SGDGOH (07/90). Suponemos que entre 1979 y 1985 (periodo sin datos) la curva debería describir pequeñas oscilaciones con tendencia descendente, 2/ entre 1/1988 y 7/1990 del SGDGOH (09/90), 3/ Entre 8/1990 y 5/1992 del SGDGOH (03/93), 4/ Entre 6/1992 y 12/1994 a partir de diversos artículos de prensa (Diarios Tribuna y ABC y revista Las Tablas de Daimiel). En particular los datos entre 1/1994 y 4/1994 se han obtenido de CHG (1994).

El nivel del agua en este piezómetro se mantiene constante más o menos hasta el año 1985. En este año tras alcanzar la cota normal de estiaje, no se recuperará en lo sucesivo y continuará descendiendo hasta 1987. En los meses de marzo de 1988 y 1989, se observan unos ascensos del nivel que puede deberse a la primera y segunda fase de derivación de caudales procedentes del ATS. A esto hay que sumar las aportaciones naturales del río Cigüela y de escorrentía superficial que fueron aceptables durante el otoño e invierno de esos años (SGDGOH 09/90).

En la tercera fase de la derivación de caudales del ATS, entre los meses de marzo a julio de 1990 se trasvasan 16 hm³. Durante el mes de enero de ese mismo año se producen vertidos urbanos e industriales al río Cigüela. Con motivo de renovar el agua contaminada embalsada en Las Tablas, en julio de 1990 se abrieron las compuertas de la presa de Puente Navarro, produciendo un descenso general de los niveles. A partir de este año el descenso es muy fuerte (unos 8 m hasta 12/1994) y de nada sirven los sucesivos trasvases.

En las medidas que nosotros efectuamos a partir de 1993 se escuchaba caer agua por la rejilla desde niveles superiores, lo que podría indicar que ya se había producido una desconexión entre la superficie encharcada en Las Tablas

(con agua del ATS y pozos) y el nivel freático, o sea, de modo más simple, que el piezómetro atraviesa una zona con flujo descendente. Los picos que se ven en el año 1993 pueden deberse a variaciones del nivel del agua , producidos por bombeos realizados desde los pozos del propio Parque.

P.19302026 (A-2 del SGOP). Como los anteriores refleja las aportaciones del ATS). Se comporta de forma similar al P.19302023 desde 7/1993 a 6/1995. Junto a este piezómetro se encuentra el pozo de La Mina que bombea agua al Las Tablas de Daimiel. Las oscilaciones observadas en el piezómetro están reflejando probablemente los efectos de los bombeos de dicho pozo.

iii.- Piezómetros alejados del PNTD

P. 19296002 (T-1 del SGOP). Se localiza al NW de Las Tablas (fig. 3.5.q), en una zona donde la explotación del agua subterránea para regadío es poco importante debido a la escasa permeabilidad del acuífero tal cómo se comentó en el apartado 3.5.2.2. El descenso en los últimos cinco años ha sido de unos 2 metros con oscilaciones estacionales máximas de 1 metro.

P.19297008 (P.19297002 del ITGE). Está situado a un kilómetro al sur del P. 19297001 que ya comentamos anteriormente (ver fig. 3.5.q). Según la pendiente de la curva podemos diferenciar dos periodos: 1/ entre 1974 y 1980 donde se mantiene más o menos constante y 2/ entre 1980 y 1988 donde se observa un incremento progresivo de la extracción de agua subterránea.

P. 19297009 (P.19297022 ITGE). Está situado en una zona de borde del acuífero en las proximidades de la localidad de Villarrubia de los Ojos. Los niveles no presentan diferencias representativas que parece lógico si consideramos que el pozo está ubicado en una zona donde apenas existen explotaciones agrícolas por tratarse de un área de borde del acuífero de baja permeabilidad.

P. 19302035 (P-14 del SGOP). Está situado junto a la carretera de Daimiel y Malagón. El periodo de datos que comprende desde agosto de 1990 a mayo de 1992 está tomado del informe del SGDGOH (3/93). El resto de las medidas están realizadas por nosotros.

Las medidas comprendidas entre el periodo 8/1990 y 3/1991 indican una recuperación de unos 6 m del nivel freático entre esas fechas, lo cual parece excesivamente grande. Aunque no sabemos la razón de esta variación, pensamos que las medidas de agosto, septiembre y quizás octubre se han debido tomar cuando un pozo que hay a unos 5 metros de distancia estaba bombeando, y por lo tanto el nivel medido en esas fechas puede corresponder a un nivel dinámico.

La variación del nivel freático en 1991/92 también resulta extraña, a menos que supongamos como en el caso anterior que la medida de octubre de 1991 corresponde a un nivel dinámico. El descenso en esta zona viene a ser de unos 4 m/año.

P. 19303012. Está situado al norte del río Guadiana. Tiene datos desde julio de 1990 hasta junio de 1995. El descenso total de estos cinco años es de 17 metros. El dato de noviembre de 1991 posiblemente se trate de un nivel dinámico, pues existe un sondeo para regadío muy próximo y el nivel observado es demasiado bajo.

P. 19303020 (8N del SGOP). Está junto a la laguna seca de El Escoplillo. Comprende desde octubre de 1991 hasta julio de 1995. No se aprecia ninguna recuperación de los niveles desde la puesta en marcha en octubre de 1993 del plan de rentas para abandono de regadíos.

P. 19303024 (P. 19303014 ITGE). Se distinguen tres periodos en los que se incrementa sucesivamente la pendiente de la curva (fig. 3.5.q): 1/ de 1974 a 1979, 2/ de 1980 a 1986 y 3/ de 1987 a 1989. El descenso total es de unos 30 m hasta 10/1993.

P.19303025 (P.19303036 ITGE). Este pozo está situado en las proximidades de Molino Molemocho (anejo III). Es posible que la evolución de niveles que presenta esté en relación con el régimen de bombeos de los pozos del parque que tienen en Molino Molemocho. El ITGE no dispone de datos más modernos en este pozo de observación.

P.19304004. Este sondeo está situado en el antiguo cauce del río Guadiana y no tiene equipamiento de bombeo (anejo III). Consideramos que es bastante representativo por estar alejado de otros pozos activos, por lo que las medidas representadas se aproximan bastante al nivel estático en la zona. Este pozo se quedó seco en junio de 1995, indicando que el nivel del agua estaba para esas fecha a una profundidad superior a 36 metros.

P.19304025 (P.19304040 ITGE). Está ubicado en las proximidades del paraje conocido como "Ojos del Guadiana" (fig. 3.5.q). Comprende una serie de 12 años (1979 a 1991) en el que se refleja un descenso total es de unos 20 m hasta septiembre de 1991. El descenso en esta zona desde 1991 a junio de 1995 puede verse en el P. 19304004 por la proximidad a la que se encuentra..

P.19305007 (P.19305022 ITGE). Muestra variaciones de nivel muy pequeñas en comparación con las observadas en otros pozos situados más al este (fig. 3.5.q). Indica que se trata de una zona poco permeable y marca la proximidad del límite del acuífero.

P.19307006 (P.193070030 ITGE). Del análisis de este hidrograma parece observarse un incremento de la explotación del acuífero entre 1983 y 1987, alcanzando un máximo de la explotación en 1987. Entre 1988 y 1991 el nivel se mantiene prácticamente constante.

P.19307007 (Pozo de Daimiel nucleo urbano). Se representan las medidas hechas por un particular publicadas en la revista Las Tablas (1/1995). El descenso

total desde 1/1984 hasta 12/1994 ha sido de unos 25 m (anejo III).

P.19308006 (P.19308012 ITGE). Se localiza al sur de la localidad de Daimiel y está próximo al límite que hemos definido para este trabajo (fig. 3.5.q). El descenso del nivel se incrementa a partir de 1983 aproximadamente.

P.19308007 (P. 19308013). Se pueden distinguir tres periodos que tienen un incremento progresivo de la pendiente de la curva: 1/ 1974- 1981, 2/ 1981-1988 y 3/ 1989- 1993.

P. 20301004 (Pozos abastecimiento de Daimiel). Se representan los niveles en los pozos de abastecimiento a Daimiel para los meses de septiembre entre 1988 y 1995 . El origen de estos datos procede del ayuntamiento de Daimiel.

P. 20305001 (P. 20305001 ITGE). Se sitúa en el borde SE de nuestra zona de trabajo (fig. 3.5.q). La curva presenta tres tramos con distinto comportamiento: 1/ de 1974 a 1976, 2/ de 1977 a 1984 y 3/ de 1985 a 1989. Según estos periodos diferenciados, parece que la mayor extracción de agua se produce entre 1977 y 1984. El ITGE no dispone de datos más antiguos en este pozo de observación.

iii.- Conclusiones

Del análisis de la piezometría que se ha realizado se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. El PNTD se quedó prácticamente seco en el año 1985 (ver P.19302023).
2. Las aportaciones hídricas procedentes del ATS (SGDGOH, 09/90) durante los años 1988 (se derivan 12 hm^3) y 1989 (se derivan 13 hm^3), sumadas a las aportaciones naturales del río Cigüela en ese periodo, consiguen al parecer para este último año mantener los niveles próximos a los naturales del Parque.

En diciembre de 1988 había 1220 ha inundadas, 1.570 ha en abril y 1640 ha en junio de 1989.

3. Durante el año 1989 y 1990 (se derivan $15,8 \text{ hm}^3$) el agua del trasvase arrastra vertidos urbanos hasta el PNTD, siendo necesario abrir la presa de Puente Navarro para evacuar dichos vertidos. La superficie inundada (según SGDGOH, 3/93) del Parque en enero de 1990 era 1675 ha, 550 ha en agosto y se reduce a 75 ha en octubre de ese mismo año.

4. A partir de 1990, como consecuencia de la continuación intensa explotación del acuífero de la Llanura Manchega y de la falta de las aportaciones superficiales (Cigüela o ATS) el nivel freático en los alrededores de Las Tablas en su zona sur desciende entre 1 y 2 m/año, con oscilaciones estacionales que van a depender de las precipitaciones y de la afección de los propios bombeos de los pozos del PNTD.

5. En 1991 entre febrero y julio se produce un nuevo trasvase (se derivan $17,72 \text{ hm}^3$ según SGDGOH, 3/93) gracias al cual en el mes de mayo de 1991 se llegan a inundar un máximo de 1440 ha. Sin embargo, esta superficie inundada decrece rápidamente pues gran parte del agua se pierde por infiltración. Los hidrogramas de los piezómetros de la zona marginal del PNTD apenas si registran un débil ascenso debido a esta recarga artificial.

6. En 1992, entre los meses de febrero y marzo debido a la fuerte sequía se derivan sólo $6,5 \text{ hm}^3$, que se sumaron a los $0,5 \text{ hm}^3$ que aportaba el río de modo natural. De esta derivación sólo llegaron al PNTD $2,6 \text{ hm}^3$ (SGDGOH, 3/93). La superficie máxima inundada (SGDGOH, 3/93) en este año se alcanza en abril con 870 ha, que pasan a 335 ha en mayo. En los piezómetros próximos a la zona inundable, se aprecia un ligero ascenso del nivel que en relación al ascenso del anterior trasvase de 1990 se encuentra entre 1 y 2 m por debajo.

7. En julio de 1992 según artículos de prensa (ABC, 15/10/92; Tribuna, 21/11/92) la superficie inundada era de unas 55 ha. Esta superficie se mantiene gracias a las aguas bombeadas en los pozos de emergencia dentro del PNTD, pues ni el Guadiana (seco desde 1980), ni el Cigüela aportan agua al PNTD. Los niveles en casi todos los piezómetros, excepto en los situados al N del PNTD, descienden con mayor rapidez.

8. El trasvase realizado entre enero y marzo de 1994 tiene un reflejo casi imperceptible en los hidrogramas, lo cual es lógico pues al PNTD apenas llegan 2 hm^3 , es decir, un 12 o 13% de todo el agua derivada. Al parecer llega a inundarse un máximo de 300 ha pero esa superficie se mantiene sólo un par de meses, y se vuelve a las 50 ha mantenidas con los pozos de emergencia

9. Los piezómetros situados al NW de Las Tablas y próximos a la laguna, aunque están situados en una zona de poca explotación de aguas subterráneas, empiezan a tener descensos similares a los de la margen SE del PNTD. Estos descensos se deben esencialmente a la escasez de lluvias y también a que al secarse el PNTD, que actuaba como una zona de nivel constante, aumenta el gradiente hacia el SE.

10. En la zona central de nuestra área de estudio considerada se ha producido un descenso en los últimos 20 años que ha sido de unos 20 y 45 m dependiendo la zona considerada en particular. Este descenso ha sido debido principalmente a los bombeos para regadío y se ha visto incrementado por la disminución de la recarga natural a causa de la prolongada sequía.

11. Los piezómetros situados en los bordes N, NW y W de la zona de trabajo han experimentado variaciones mucho menores en sus niveles por encontrarse en las zonas limítrofes del acuífero caracterizadas por tener una menor permeabilidad.

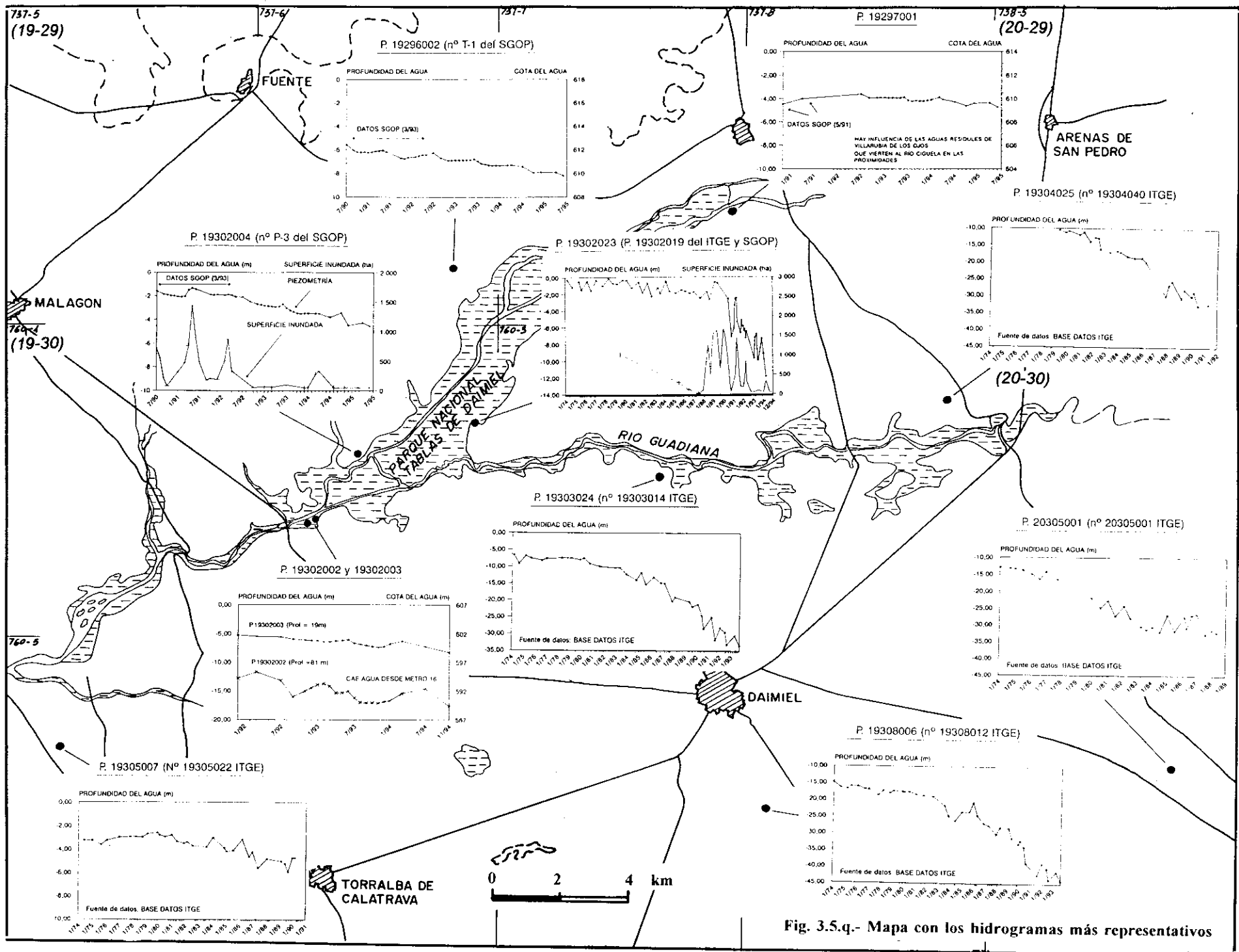


Fig. 3.5.q.- Mapa con los hidrogramas más representativos

3.5.2.5.- Hidrogeoquímica

i.- Introducción

Para tener una idea de la hidroquímica de la zona de estudio se va a caracterizar la zona en conjunto a partir de las muestras de agua subterráneas tomadas durante las campañas de campo de octubre de 1992 y junio de 1993 (ver apartado 1.3.2.2.iii), cuyos resultados se presentan en las tablas 3.5.1. a 3.5.4. Como datos complementarios se han utilizado análisis químicos obtenidos de la red de calidad del ITGE (tablas 3.5.5 a 3.5.6).

Con la finalidad de conocer los cambios en la calidad química del agua que se han producido en el propio Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, como consecuencia de las diversas actuaciones que se han llevado a cabo, se comentarán los resultados obtenidos en trabajos anteriores, en su mayor parte procedentes de ICONA (tablas 3.5.7 a 3.5.9). Estos datos del ICONA se refieren en gran parte a muestras de agua superficiales.

ii.- Hidrogeoquímica general de la zona de estudio

Para caracterizar la hidroquímica de la zona de estudio vamos a basarnos principalmente en los análisis químicos de las muestras que hemos tomado nosotros. Primeramente se va a dar una idea de la salinidad de la zona en conjunto (ver fig. 3.5.r), y posteriormente se interpretarán los análisis realizados a partir de diagramas de Piper - Hill - Langèlier y de Stiff. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que este análisis hidrogeoquímico constituye sólo una primera aproximación, pues las muestras obtenidas de aguas subterráneas proceden en su mayoría de pozos perforados en los que se desconoce la situación de las zonas ranuradas.

1.- Salinidad

La figura 3.5.r representa un mapa de isoconductividad eléctrica del agua de toda la zona la zona en conjunto. Para su representación nos hemos basado en 29 medidas, 21 coincidentes con las muestras de la figura 3.5.s y las 8 restantes de otros pozos diferentes (fig. 3.5.r). Aunque no todas las muestras corresponden exactamente a la misma fecha recogida, las hemos considerado como válidas para los objetivos que pretendemos. El mapa que mostramos es *sólo una representación a partir de los puntos de muestreo disponibles*, y su lectura puede tener diversas interpretaciones según las isolineas que se dibujen.

La conductividad eléctrica (CE) del agua subterránea oscila entre valores de unos 500 $\mu\text{mhos/cm}$ en el borde más oriental y unos 2.500 $\mu\text{mhos/cm}$ en la margen izquierda del PNTD. En los pozos periféricos del PNTD hay variaciones muy grandes de la conductividad eléctrica del agua. En particular los pozos "6" y "5" de la figura 3.5.r. tienen valores muy altos de CE. Estas bruscas variaciones en la CE se deben probablemente a los siguientes factores: a/ en la zona NW del PNTD, como se ha visto, aparecen yesos pliocenos o miocenos y el acuífero tiene menor permeabilidad, lo que implica un mayor tiempo de residencia de las aguas subterráneas; b/ en la parte más septentrional del PNTD existe una interacción entre las aguas subterráneas y las aguas del río Cigüela, que como se vió suelen tener una salinidad relativamente alta; c/ en cambio las aguas del Guadiana, eran bicarbonatadas cálcicas y procedían de las calizas pliocenas que aparecen al SE del PNTD; d/ la zona más NW de estudio tiene valores de conductividad variable entre 500 $\mu\text{mhos/cm}$ y unos 1.000 $\mu\text{mhos/cm}$ en las proximidades del PNTD. Estas muestras están tomadas de pozos y sondeos de poca profundidad ubicados sobre materiales pliocuaternarios correspondientes a rañas de piedemonte en su mayoría. En las proximidades del PNTD las muestras de los pozos tienen valores de CE mayores, debido a que atraviesan materiales margosos y yesíferos.

Aguas arriba de Las Tablas, las muestras de aguas subterráneas tomadas

en los alrededores del río Cigüela tiene también una conductividad alta (3.500 - 5600 μ mhos/cm) lo que parece coherente con la naturaleza del substrato de carácter poco permeable margoso y salino que hay en esa zona (ver figura 3.2.a).

En la tabla 3.5.5. se presenta la conductividad eléctrica en distintos pozos entre 1977 y 1989 según la base de datos de calidad del ITGE. La localización de esos pozos puede verse en la figura 3.5.t., donde se mantiene la numeración original que daba el ITGE (no se indica el número de hoja y de octante para cada punto). En líneas generales los valores que se muestran no refleja variaciones muy significativas en el tiempo, existiendo alguno muy dispar (p.ej. nº 14, año 1983) que aunque no conocemos su causa parece corresponder más a que a cambios de la salinidad a errores de medida. El pozo nº 11 registra un notable incremento de la CE durante 1980, 1981 y 1989, que puede deberse a la crítica situación hídrica que tenía el PNTD en esas fechas.

2.- Interpretación de diagramas

La representación de los análisis en diagramas tiene un gran valor para visualizar con rapidez los datos disponibles. En este estudio se han utilizado los diagramas de Stiff (ver figura 3.5.s) y de Piper - Hill - Langèlier (ver anejo IV).

Diagramas de Stiff La forma y tamaño de estos diagramas nos van a dar una idea de la composición química y salinidad del agua subterránea. En la figura 3.5.s. se han representado en estos diagramas las muestras tomadas por nosotros (ver tabla 3.5.3 y 3.5.4).

Según la figura 3.5.s, en la zona de estudio se pueden distinguir, a grandes rasgos, dos tipos de aguas subterráneas de calidad química distinta. 1/ la zona periférica del PNTD tiene un agua subterránea sulfatada magnésica y en menor medida sulfatadas cálcica, 2/ la zona comprendida entre el PNTD hacia el este, el agua es mayormente bicarbonatada cálcica o magnésica. Estos

resultados son coherentes con las características geológicas (fig. 3.2.a) de las zonas consideradas y con los obtenidos en estudios anteriores (cf. ITGE, 1989; SGOP, 1983).

Diagramas de Piper Los diagramas de Piper son representaciones de tres componentes que corresponden al porcentaje en meq/l de 3 cationes y/o 3 aniones mayoritarios, que permiten establecer una clasificación de las aguas analizadas.

Según la clasificación establecida en estos diagramas triangulares, la mayoría de las muestras que nosotros hemos analizado en los alrededores del PNTD corresponden al grupo de "sulfatadas y/ cloruradas cálcicas y/o magnésicas" y "bicarbonatadas cálcicas y magnésicas" (ver anejo IV). Los valores en (%) de los cationes y aniones obtenidos para la representación gráfica en Piper de estas muestras puede verse también en el anejo IV.

La zona de estudio a nivel global ha sido también objeto de muestreo más o menos periódico por parte del ITGE. La base de datos de calidad química de este organismo dispone de análisis químicos para las fechas comprendidas entre 1979 y 1989. La representación de estas muestras en los diagramas de Piper (anejo IV) las clasifica como aguas "sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas", con resultados muy parecidos a los que obteníamos nosotros ya comentados. Con objeto de conocer la evolución hidrogeoquímica del agua subterránea en la zona de estudio, se han representado las muestras de agua en distintas fechas (anejo IV). De los resultados obtenidos no se pueden sacar conclusiones significativas al nivel de detalle que estamos trabajando.

iii.- Hidrogeoquímica del PNTD

La calidad química del agua superficial y subterránea en el PNTD ha sido objeto de diversos estudios por parte de distintos organismos. En este apartado vamos a referirnos a los análisis químicos realizados por ICONA, publicados en

Aranda G. *et al.* (1993). Consideramos que de todos los análisis existentes en la zona de trabajos anteriores, son los que se presentan en este trabajo los que ofrecen una mayor fiabilidad por la metodología y elaboración de datos que realiza.

El origen de los datos publicados en el trabajo de Aranda G., *et al.* (1993) procede de las siguientes fuentes: 1/ Sáez Royuela (1977b) y Fernández Uría *et al.*, (1987), 2/ Estudio denominado "Seguimiento de la calidad química y biológica del medio acuático del PNTD" realizado por el CSIC en convenio con ICONA, 3/ "Registros de ICONA y TRAGSA mediante utilización de un sistema informático de control de parámetros hidrológicos establecido en seis pozos funcionales y telemandados".

En este trabajo se establece una zonificación de Las Tablas de Daimiel en función de la calidad química del agua de la laguna y de los dispositivos hidráulicos (presas, pozos y canales) que condicionan su encharcamiento (ver figura 3.5.u.). En realidad, aunque las muestras están tomadas de la propia laguna, es difícil precisar si se trata de muestras de agua superficial, subterránea o mixta, pues los aportes hídricos que recibe el Parque proceden en su mayoría de bombeos desde pozos. La Zona A denominada "Tablazo", está regulada por las aportaciones superficiales del río Cigüela (NE) y de la Cañada Lobosa (por su margen NW), y las subterráneas de los sondeos de su margen izquierda; la Zona B corresponde a la "Madre Vieja del Guadiana" y recibe aportaciones subterráneas del sondeo del Molino de Molemocho situado en su cauce, y la Zona C, denominada de "Restauración", corresponde a la confluencia del Cigüela y Guadiana, comprendida entre la presa interior al Parque y la presa de Puente Navarro (Aranda G. de 1992b)

Para estudiar la evolución química del agua en Las Tablas, Aranda G., *et al.* (1993), seleccionan los periodos que han tenido una máxima aportación hídrica exógena, con objeto de detectar mayores cambios. Las medidas que realiza corresponden a valores de conductividad eléctrica, pH y concentración de

aniones y cationes más representativos (tablas 3.5.7 a 3.5.9). Como información complementaria a la calidad química del agua en las Tablas, presenta la evolución de la calidad del agua en dos pozos de bombeo representativos; "La Mina" y "El Embarcadero" (figura 3.5.u).

Salinidad : Este parámetro ha experimentado grandes cambios en el agua superficial de la laguna, desde valores medios anuales del orden de 3.000 a 4.000 $\mu\text{mhos/cm}$ entre 1972-79 hasta superar los 8.000 $\mu\text{mhos/cm}$ en 1983 (Sáez Royuela, 1977, y Fdez. Uría *et al* , 1987).

Análisis más recientes del agua superficial de Las Tablas, indicaban que los aportes hídricos procedentes de ATS en el periodo 88-90 supusieron cambios en la conductividad del agua durante las épocas de mayor derivación (noviembre-1988, y marzo- julio, 1989), con valores de conductividad para estos meses que fueron de 2.000-3.000 $\mu\text{mhos/cm}$. Esta disminución de la CE con respecto a los años anteriores, parece lógica si tenemos en cuenta que el agua procedente del ATS es de carácter poco salino.

En 1989, en épocas en las que la profundidad de la lámina de agua encharcada se veía disminuida, de nuevo encontramos valores de conductividad superiores a 8.000 $\mu\text{mhos/cm}$ en algunas zonas como la de "El Tablazo" .

A partir de 1991 la principal fuente de alimentación de agua del Parque procede de los sondeos existentes en su periferia. La calidad química del agua en la laguna dependerá , por tanto, de la calidad química del agua de los pozos.

La "Madre Vieja del Guadiana" (zonas B y C) actualmente está inundada gracias a los bombeos que se realizan desde el pozo de "Molemocho" (fig. 3.5.u). La conductividad eléctrica del agua en este pozo varía entre 2.000 y 2.500 $\mu\text{mhos/cm}$, y condiciona por tanto la calidad química de dichas zonas.

En la zona A (fig. 3.5.u) la conductividad eléctrica del agua de la laguna es

de unos 8.000 $\mu\text{mhos/cm}$. Esto se debe a que el agua que hay en esta zona procede principalmente de pozos, que bombean agua con una conductividad alta, y de un mayor tiempo de residencia del agua en la superficie por tratarse de la zona de menor permeabilidad de Las Tablas.

pH : Este parámetro ha tenido también grandes variaciones en el agua que inunda el PNTD. Aranda G. *et al*, (1993) , distinguen dos periodos muy significativos por los cambios que se producen; 1/ 1988-90, cuando comienza la mayor explotación de pozos en el Parque y se producen los principales aportes del ATS, y 2/ 1991-93, periodo que coincide con las épocas de menores aportes hídricos.

Según los periodos de tiempo considerados y las zonas definidas en el Parque, Aranda G. *et al* , (1993), obtiene los siguientes resultados:

* Zona A : entre 1988 y 1990 el pH varía entre 6,1 y 8,1 indicando una evolución del agua hacia un ambiente de más alta alcalinidad. Entre 1991 y 1993 el pH oscila entre 6,9 y 7,7, indicando una mayor estabilización como consecuencia de la puesta en marcha de los pozos.

* Zona B : en el periodo 1988-90 este parámetro oscila entre 5,3 y 8,03 con una interpretación similar a la de la zona A. Entre 1991 y 1993 varía entre 7,5 y 8,1 con la misma interpretación que para la zona A.

* Zona C : el pH en esta zona evoluciona del mismo modo que los casos anteriores. Entre 1988 y 1990 varía entre 5,9 y 8,5 y entre 1991 y 1993 oscila entre 8,1 y 7,5.

iii.- Resultados

1.- La calidad química del agua subterránea de la zona de estudio es de predominantemente de carácter "sulfatada y/o clorurada magnésica y cálcica" en

las zonas proximas al PNTD y "bicarbonatadas cálcicas y magnésicas" en la parte más oriental. La comparación de muestras tomadas en distintos años (datos del ITGE) no reflejan variaciones significativas en su composición a la escala de este trabajo.

2.- En el PNTD existe una zonación en cuanto a calidad química del agua superficial que difiere mucho de la que tenía en régimen natural. La zonación actual está condicionada por los siguientes factores:

- Desaparición de las aportaciones de aguas dulces del río Guadiana en Las Tablas.
- Por la calidad química del agua que se bombea desde los pozos del Parque.
- Calidad química de las aportaciones que llegan por el río Cigüela, bien sean naturales propias del río, del ATS en periodos de trasvase y de los vertidos líquidos urbanos que recibe el Cigüela aguas arriba del PNTD.
- *Aportes por la Cañada Lobosa, que principalmente trae agua contaminada procedente de vertidos líquidos urbanos de la localidad de Fuente del Fresno.*
- Estancamiento y eutrofización que se produce por el represamiento a favor de la Presa de Puente Navarro y presa interior del Parque.
- Por las diferencias topográficas existentes en la laguna que impiden la mezcla del agua de distintas

zonas.

- Diferencias litológicas del substrato en toda la superficie del Parque.
- Distinto tiempo de permanencia del agua sobre la laguna, que en función de la evaporación, se producen distintas concentraciones salinas.

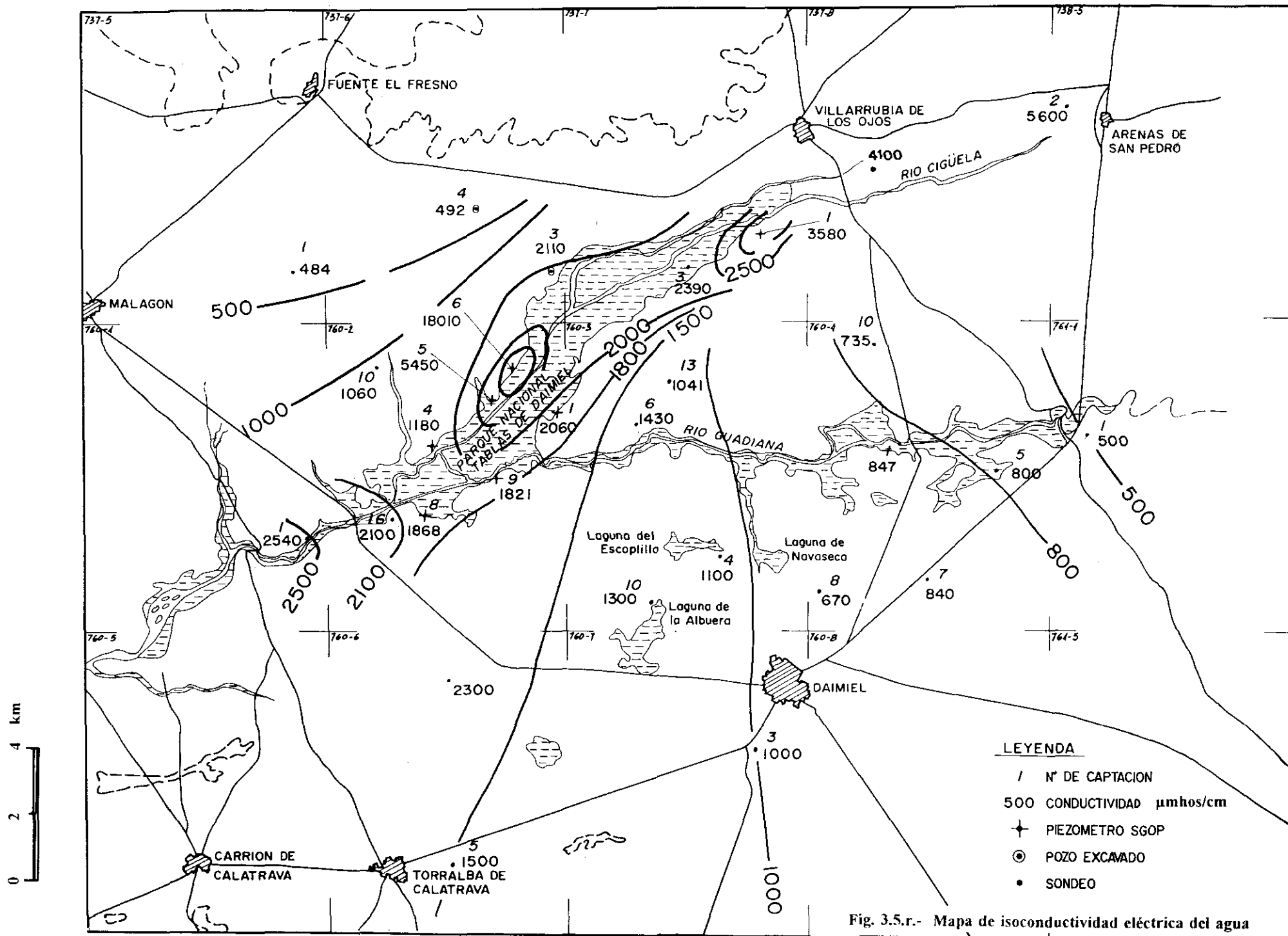


Fig. 3.5.r.- Mapa de isoconductividad eléctrica del agua

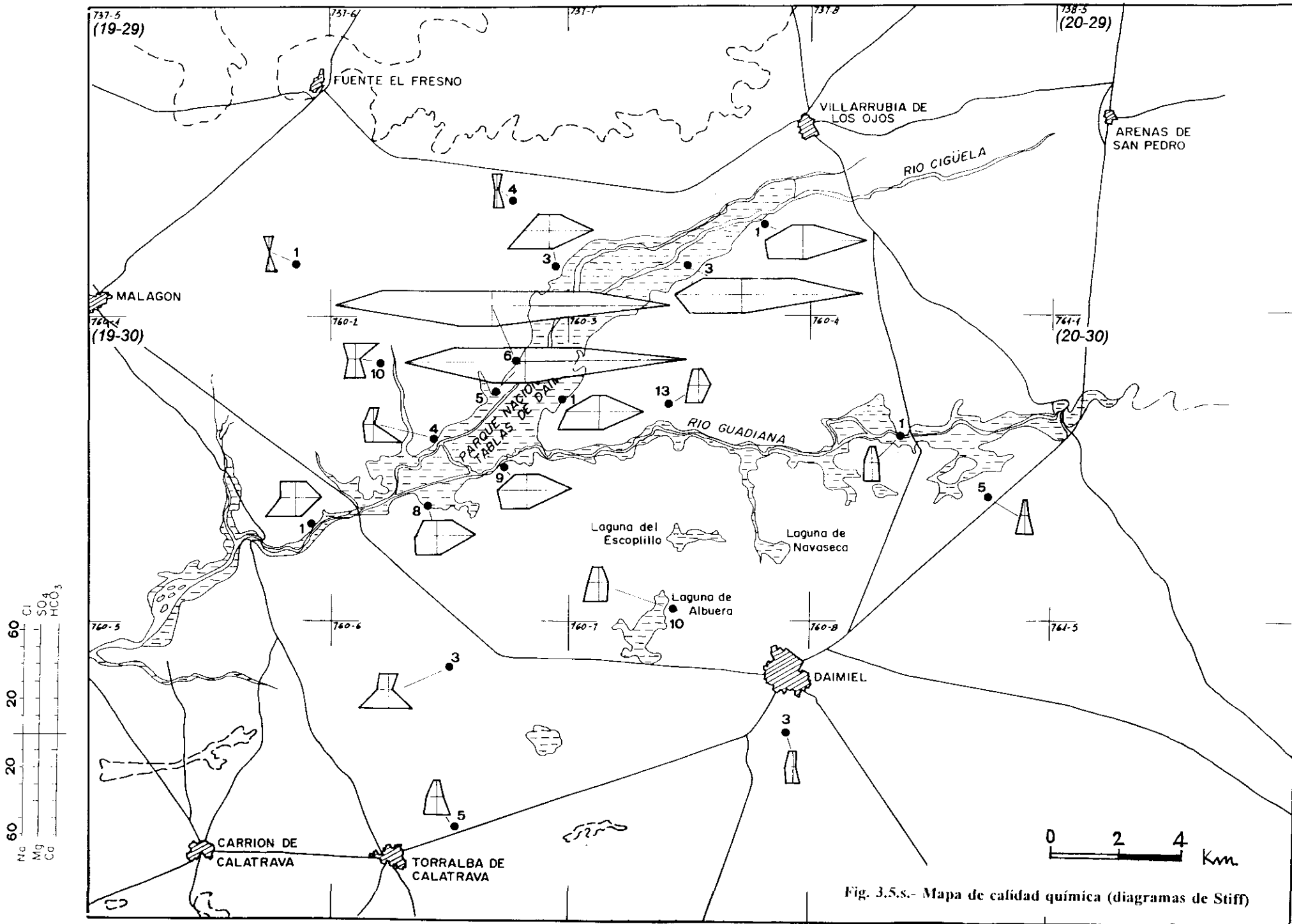


Fig. 3.5.s.- Mapa de calidad química (diagramas de Stiff)

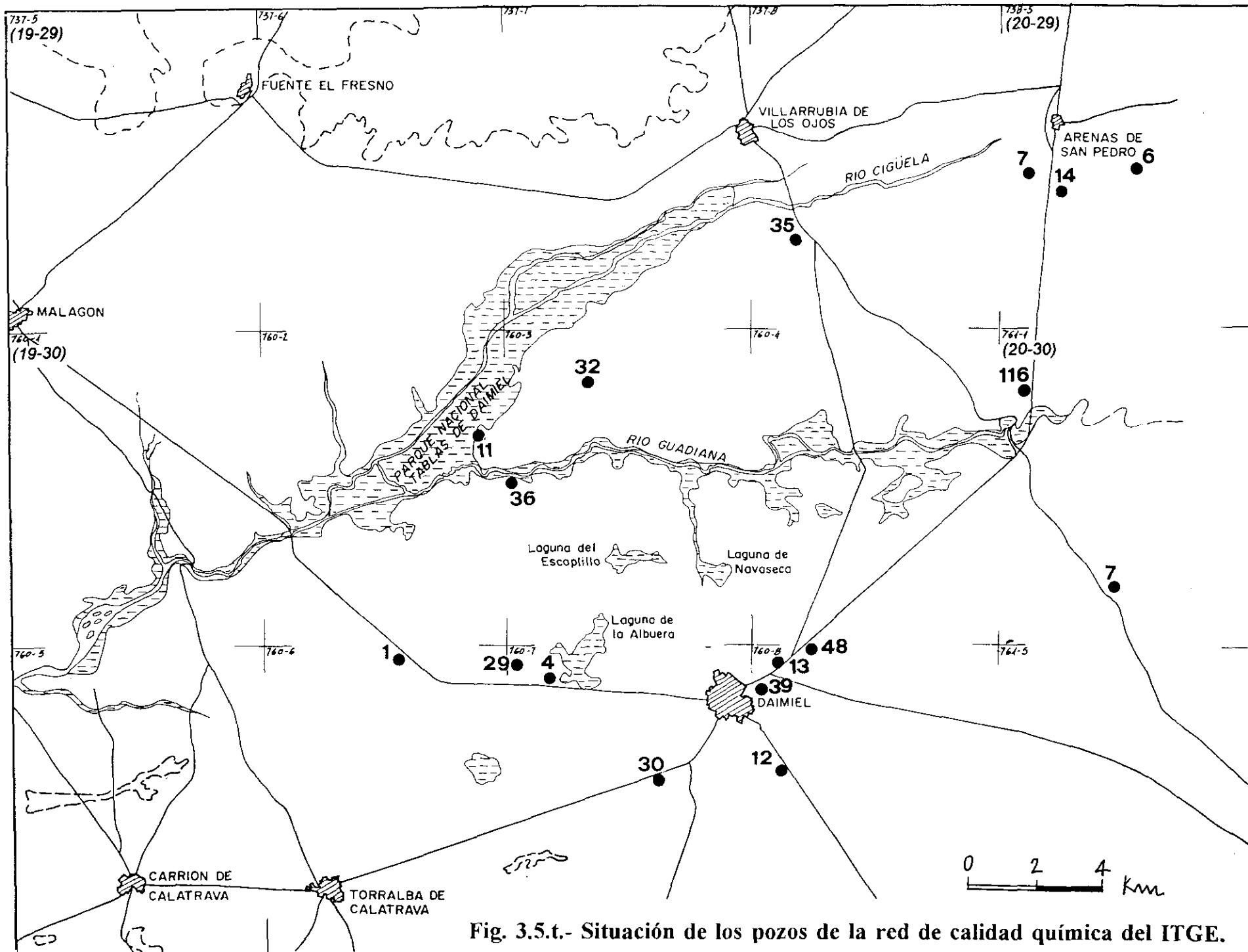
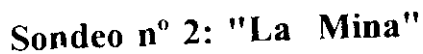


Fig. 3.5.t.- Situación de los pozos de la red de calidad química del ITGE.

PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAIMIEL



Sondeo n° 5: "Embarcadero"

Fig. 3.5.u.- Zonación de Las Tablas de Daimiel (Aranda, G., *et al.* 1993)

TABLA 3.5.1.- PARAMETROS INESTABLES (X/92 - VI/93)

| Numero | Fecha | PH | Conductivi | Dureza |
|----------|-------|------|------------|--------|
| 19295001 | X/92 | 6.9 | 610 | 141 |
| 19296003 | X/92 | 7.86 | 2110 | 213 |
| 19296004 | X/92 | 7.6 | 1020 | 240 |
| 19297001 | X/92 | 7.1 | 3980 | 255 |
| 19297003 | X/92 | 7.2 | 2390 | 546 |
| 19301001 | X/92 | 7.17 | 2540 | 453 |
| 19302001 | X/92 | 7.9 | 2060 | 192 |
| 19302004 | X/92 | 7.53 | 1188 | 693 |
| 19302005 | X/92 | 7.1 | 5450 | 390 |
| 19302006 | X/92 | 6.9 | 18010 | 450 |
| 19302008 | X/92 | 8.2 | 1868 | 33 |
| 19302009 | X/92 | 7.4 | 1821 | 138 |
| 19302010 | X/92 | 6.9 | 2260 | 360 |
| 19302011 | X/92 | 6.8 | 2860 | 42 |
| 19303010 | VI/93 | 7.7 | 1300 | - |
| 19303013 | X/92 | 7.79 | 1041 | 186 |
| 19304001 | X/92 | 7.55 | 847 | 273 |
| 19304005 | VI/93 | 7.6 | 483 | 316 |
| 19306003 | VI/93 | 7.1 | 2300 | 465 |
| 19306005 | VI/93 | 7.5 | 1500 | 423 |
| 19307003 | VI/93 | 7.9 | 100 | 177 |

Conductividad: μ mhos/cm

Dureza: mg/l de CO₃Ca

TABLA 3.5.2.- RESUMEN DE ANALISIS QUIMICOS (mg/l)

| Numero | Fecha | Ca++ | Mg++ | Na+ | K+ | Cl- | SO4= | HCO3- | NO3- |
|----------|-------|--------|---------|------|------|--------|---------|--------|--------|
| 19295001 | X/92 | 46.65 | 11.72 | 40 | 0.63 | 32 | 38.72 | 173 | 23.73 |
| 19296003 | X/92 | 408.01 | 159.41 | 107 | 4.25 | 311.6 | 1361.83 | 191.52 | 20.64 |
| 19296004 | X/92 | 52.99 | 17.06 | 26.7 | 4.54 | 43 | 32.5 | 200.23 | 0.15 |
| 19297001 | X/92 | 408.01 | 258.55 | 138 | 13.2 | 234 | 1985.17 | 187.16 | 29.66 |
| 19297003 | X/92 | 329.78 | 513.02 | 465 | 17.2 | 948 | 2889.26 | 116.06 | 0.77 |
| 19301001 | X/92 | 339.08 | 105.95 | 173 | 10.7 | 339.08 | 807.76 | 333.95 | 13.09 |
| 19302001 | X/92 | 265.01 | 117.56 | 58.9 | 1.8 | 176.6 | 856.92 | 200.46 | 117.56 |
| 19302004 | X/92 | 81.36 | 67.8 | 55.6 | 6.92 | 104 | 75.67 | 480.7 | 1.34 |
| 19302005 | X/92 | 389.98 | 855.6 | 956 | 4.88 | 1237.6 | 4755.55 | 233.03 | 0.01 |
| 19302006 | X/92 | 386.1 | 1129.14 | 1470 | 8.43 | 386.1 | 6823.83 | 252.53 | 1.29 |
| 19302008 | X/92 | 231.66 | 159.51 | 178 | 13.5 | 358 | 1009.29 | 10.78 | 0.01 |
| 19302009 | X/92 | 319.44 | 205.82 | 122 | 7.8 | 319.44 | 1283.56 | 124.31 | 0.01 |
| 19302010 | X/92 | 147.9 | 61.48 | 173 | 408 | 147.9 | 161.55 | 248.4 | 61.48 |
| 19302011 | X/92 | 208.42 | 102.79 | 89.3 | 6.4 | 208.42 | 815.36 | 17.89 | 102.79 |
| 19303010 | VI/93 | 156.62 | 59.15 | 38 | 2.52 | 125.4 | 293.44 | 231.17 | 19.65 |
| 19303013 | X/92 | 164.77 | 57.24 | 20.7 | 3.94 | 84.9 | 430.28 | 185.55 | 15.09 |
| 19304001 | X/92 | 102.77 | 35.38 | 30.4 | 2.29 | 55.5 | 179.69 | 246.56 | 7.3 |
| 19304005 | VI/93 | 85.94 | 24.68 | 24 | 1.06 | 55.25 | 88.88 | 254.17 | 9.73 |
| 19306003 | VI/93 | 216.84 | 78.58 | 129 | 7.53 | 269.41 | 220.07 | 647.29 | 15.28 |
| 19306005 | VI/93 | 127.7 | 70.31 | 38.6 | 3.48 | 79.35 | 205.41 | 473.97 | 23.77 |
| 19307003 | VI/93 | 110.03 | 31.45 | 23.2 | 1.13 | 111.09 | 103.55 | 196.8 | 20.01 |

TABLA 3.5.3.- RESUMEN CATIONES (meq/l)

| Numero | Fecha | Ca ++ | Mg ++ | Na + | K + | Na+K | Ca+Mg | Cationes |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|----------|
| 19295001 | X/92 | 2.33 | 0.96 | 1.74 | 0.02 | 1.76 | 3.29 | 5.05 |
| 19296003 | X/92 | 20.36 | 13.12 | 4.65 | 0.11 | 4.76 | 33.48 | 38.24 |
| 19296004 | X/92 | 2.54 | 1.4 | 1.16 | 0.17 | 1.33 | 3.94 | 5.27 |
| 19297001 | X/92 | 20.36 | 21.28 | 6 | 0.34 | 6.34 | 41.64 | 47.98 |
| 19297003 | X/92 | 16.46 | 42.22 | 20.23 | 0.44 | 20.67 | 58.68 | 79.35 |
| 19301001 | X/92 | 16.92 | 8.72 | 7.53 | 0.27 | 7.8 | 25.64 | 33.44 |
| 19302001 | X/92 | 13.22 | 9.68 | 2.56 | 0.05 | 2.61 | 22.9 | 25.51 |
| 19302004 | X/92 | 4.06 | 5.58 | 2.42 | 0.18 | 2.6 | 9.64 | 12.24 |
| 19302005 | X/92 | 19.46 | 70.42 | 41.59 | 0.12 | 41.71 | 89.88 | 131.59 |
| 19302006 | X/92 | 19.27 | 92.93 | 63.95 | 0.22 | 64.17 | 112.2 | 176.37 |
| 19302008 | X/92 | 11.68 | 13.12 | 7.74 | 0.35 | 8.09 | 24.8 | 32.89 |
| 19302009 | X/92 | 15.94 | 16.94 | 5.31 | 0.2 | 5.51 | 32.88 | 38.39 |
| 19302010 | X/92 | 7.38 | 5.06 | 7.53 | 0.05 | 7.58 | 12.44 | 20.02 |
| 19302011 | X/92 | 10.4 | 8.46 | 3.88 | 0.16 | 4.04 | 18.86 | 22.9 |
| 19303010 | VI/93 | 7.81 | 4.7 | 1.62 | 0.06 | 1.68 | 12.51 | 14.19 |
| 19303013 | X/92 | 8.22 | 4.71 | 0.9 | 0.1 | 1 | 12.93 | 13.93 |
| 19304001 | X/92 | 5.13 | 2.91 | 1.32 | 0.06 | 1.38 | 8.04 | 9.42 |
| 19304005 | VI/93 | 4.28 | 2.03 | 1.04 | 0.02 | 1.06 | 6.31 | 7.37 |
| 19306003 | VI/93 | 10.82 | 6.46 | 5.6 | 0.19 | 5.79 | 17.28 | 23.07 |
| 19306005 | VI/93 | 6.37 | 5.78 | 1.67 | 0.08 | 1.75 | 12.15 | 13.9 |
| 19307003 | VI/93 | 5.49 | 2.58 | 1.01 | 0.02 | 1.03 | 8.07 | 9.1 |

TABLA 3.5.4.- RESUMEN ANIONES (meq/l)

| Numero | Fecha | Cl- | SO4= | HCO3- | CO3= | NO3- | Cl+SO4 | Aniones |
|----------|-------|-------|--------|-------|------|------|--------|---------|
| 19295001 | X/92 | 0.9 | 0.8 | 2.85 | 0 | 0.38 | 1.7 | 4.93 |
| 19296003 | X/92 | 8.79 | 28.37 | 3.14 | 0 | 0.33 | 37.16 | 40.63 |
| 19296004 | X/92 | 1.21 | 0.68 | 3.28 | 0 | 0 | 1.89 | 5.17 |
| 19297001 | X/92 | 6.6 | 41.36 | 3.07 | 0 | 0.48 | 47.96 | 51.51 |
| 19297003 | X/92 | 26.74 | 60.19 | 1.9 | 0 | 0.01 | 86.93 | 88.84 |
| 19301001 | X/92 | 9.66 | 16.83 | 5.47 | 0 | 0.21 | 26.49 | 32.17 |
| 19302001 | X/92 | 4.98 | 17.85 | 3.29 | 0 | 0.7 | 22.83 | 26.82 |
| 19302004 | X/92 | 2.93 | 1.58 | 7.88 | 0 | 0.02 | 4.51 | 12.41 |
| 19302005 | X/92 | 34.91 | 99.07 | 3.82 | 0 | 0 | 133.98 | 137.8 |
| 19302006 | X/92 | 50.78 | 142.16 | 4.14 | 0 | 0.02 | 192.94 | 197.1 |
| 19302008 | X/92 | 10.1 | 21.03 | 0.18 | 0 | 0 | 31.13 | 31.31 |
| 19302009 | X/92 | 7.2 | 26.74 | 2.04 | 0 | 0 | 33.94 | 35.98 |
| 19302010 | X/92 | 12.69 | 3.37 | 4.07 | 0 | 0.13 | 16.06 | 20.26 |
| 19302011 | X/92 | 6.07 | 16.99 | 3.29 | 0 | 0 | 23.06 | 26.35 |
| 19303010 | VI/93 | 3.53 | 6.11 | 3.77 | 0 | 0.31 | 0 | 13.72 |
| 19303013 | X/92 | 2.38 | 8.96 | 3.04 | 0 | 0.24 | 11.34 | 14.62 |
| 19304001 | X/92 | 1.57 | 3.74 | 4.04 | 0 | 0.12 | 5.31 | 9.47 |
| 19304005 | VI/93 | 1.55 | 1.85 | 4.15 | 0 | 0.15 | 3.4 | 7.7 |
| 19306003 | VI/93 | 7.6 | 4.58 | 10.57 | 0 | 0.24 | 12.18 | 22.99 |
| 19306005 | VI/93 | 2.23 | 4.27 | 7.74 | 0 | 0.38 | 6.5 | 14.62 |
| 19307003 | VI/93 | 3.13 | 2.15 | 3.21 | 0 | 0.32 | 5.28 | 8.81 |

Tabla 3.5.5.- Evolución de la conductividad eléctrica del agua (µmhos/cm)

(Datos y numeración original del inventario del ITGE)

| N° ITGE | Coor-X | Coor-Y | Año 1977 | Año 1978 | Año 1980 | Año 1981 | Año 1982 | Año 1983 | Año 1984 | Año 1985 | Año 1986 | Año 1989 |
|----------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 19298035 | 608550 | 510175 | | | 900 | 848 | 795 | 1010 | 967 | 895 | 873 | 1428 |
| 19302011 | 599300 | 504550 | | 2690 | 3720 | 7500 | 2110 | 2490 | 1462 | 2650 | 2323 | 4290 |
| 19303032 | 603000 | 506425 | | 1190 | 1100 | 1151 | 1364 | 1430 | 1307 | 1412 | 1349 | |
| 19303036 | 600150 | 503110 | | 1130 | 1300 | 1119 | 1055 | 1150 | 1204 | | 1059 | |
| 19306001 | 597675 | 597500 | | 1250 | | 1194 | 976 | 1320 | 1255 | 1215 | 1130 | |
| 19307004 | 601500 | 497210 | | | | | | 1210 | 1134 | 1134 | 1050 | 1271 |
| 19307029 | 600950 | 496800 | | 970 | 980 | 871 | 735 | | | | | |
| 19307030 | 604060 | 494250 | | 560 | 1010 | 632 | 2590 | 1190 | | | | |
| 19308012 | 608000 | 494860 | 603 | 890 | 1080 | 950 | 758 | 860 | 777 | 900 | 829 | 800 |
| 19308013 | 608125 | 494860 | | 1020 | 1050 | 934 | 926 | | | | | |
| 19308039 | 608600 | 497050 | | | | | 931 | 1150 | 1175 | | 966 | |
| 19308048 | 608850 | 497100 | | | | | | 1250 | 1321 | 1290 | 1145 | 1195 |
| 20295006 | 621175 | 512400 | 4620 | 1220 | 2050 | 1849 | 1363 | 1470 | 1555 | 1589 | 1080 | 1537 |
| 20295007 | 615675 | 512925 | 690 | 620 | 640 | 805 | 902 | 950 | 1021 | 1050 | 971 | 1148 |
| 20295014 | 616325 | 511250 | 520 | 600 | 3600 | 716 | 672 | 8180 | 1469 | 1398 | | 650 |
| 20301007 | 617210 | 499300 | | 1760 | 1320 | 1343 | 1269 | | 1472 | 1396 | 1376 | 652 |
| 20301116 | 615380 | 504800 | | | | 644 | 645 | 780 | 771 | 776 | 728 | 701 |

Tabla 3.5.6.- Evolución del pH entre 1977 y 1989 (Datos y numeración original del inventario del ITGE).

| Nº ITGE | Coor-X | Coor-Y | Año 1977 | Año 1978 | Año 1981 | Año 1982 | Año 1983 | Año 1984 | Año 1985 | Año 1986 | Año 1989 |
|----------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 19298035 | 608550 | 510175 | | | 7.7 | 7.8 | 8 | 7.5 | 7.8 | 7.6 | 7.6 |
| 19302011 | 599300 | 504550 | | 7.5 | 8.1 | 8 | 8.6 | 7.5 | 7.7 | 7.7 | 7.6 |
| 19303032 | 603000 | 506425 | | 7.6 | 8.1 | 7.7 | 7.9 | 7.6 | 7.9 | 7.6 | |
| 19303036 | 600150 | 503110 | | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 7.9 | 7.8 | | 7.6 | |
| 19306001 | 597675 | 597500 | | 7.5 | 7.9 | 8.2 | 8 | 7.4 | 7.7 | 7.5 | |
| 19307004 | 601500 | 497210 | | | | | 7.9 | 7.7 | 7.9 | 7.6 | 7.7 |
| 19307029 | 600950 | 496800 | | 7.5 | 8 | 8.1 | | | | | |
| 19307030 | 604060 | 494250 | | 7.7 | 8.2 | 8.2 | 7.9 | | | | |
| 19308012 | 608000 | 494860 | 8.1 | 7.7 | 8.3 | 7.7 | 8 | 7.6 | 7.8 | 7.7 | 7.9 |
| 19308013 | 608125 | 494860 | | 7.5 | 8 | 7.8 | | | | | |
| 19308039 | 608600 | 497050 | | | | 7.8 | 8.1 | 7.8 | | 7.5 | |
| 19308048 | 608850 | 497100 | | | | | 8 | 7.4 | 7.7 | 7.8 | 7.6 |
| 20295006 | 621175 | 512400 | 7.7 | 7.4 | 7.8 | 7.9 | 8 | 7.6 | 7.9 | 7.4 | 7.7 |
| 20295007 | 615675 | 512925 | 8.4 | 7.5 | 8.2 | 8 | 8 | 7.8 | 8.2 | 7.5 | 8 |
| 20295014 | 616325 | 511250 | 8.2 | 7.7 | 7.8 | 7.9 | 8 | 7.4 | 7.9 | | 7.7 |
| 20301007 | 617210 | 499300 | | 7.5 | 7 | 7.6 | | 7.6 | 7.8 | 7.5 | 7.3 |
| 20301116 | 615380 | 504800 | | | 7.8 | 7.6 | 8 | 7.7 | 7.9 | 7.5 | 7.5 |

| Zona | Fecha | Conducti. | PH |
|----------|-------|-----------|-----|
| Zona A | 11/88 | 2910 | 6.1 |
| | 03/89 | 2480 | 6.6 |
| | 07/89 | 1840 | 7.6 |
| | 11/89 | 8160 | 8.1 |
| | 03/92 | 2571 | 7.7 |
| | 04/92 | 4709 | 7.7 |
| | 09/92 | 8084 | 7.8 |
| | 03/93 | 7978 | 6.9 |
| Zona B | 11/88 | 2980 | 5.3 |
| | 03/89 | 2590 | 7 |
| | 07/89 | 2290 | 8 |
| | 11/89 | 4830 | 7.6 |
| | 03/92 | 2903 | 7.5 |
| | 04/92 | 4228 | 8.1 |
| | 09/92 | 2812 | 7.4 |
| | 03/93 | 2040 | 7.2 |
| Zona C | 11/88 | 3170 | 5.9 |
| | 03/89 | 2540 | 6.1 |
| | 07/89 | 3110 | 8 |
| | 11/89 | 5440 | 8 |
| | 03/92 | 4750 | 8.1 |
| | 04/92 | 5478 | 8 |
| | 09/92 | 7834 | 7.6 |
| Sondeo 2 | 06/88 | 4596 | 7.2 |
| | 03/93 | 6500 | 6.9 |
| S. Embar | 06/88 | 7682 | 7.2 |
| | 03/93 | 10150 | 7 |

TABLA 3.5.7.- EVOLUCION DE LA CONDUCTIVIDAD Y DEL pH EN EL "PNTD"

TABLA 3.5.8.-- RESUMEN DE CATIONES (meq/l) en el PNTD (Datos Aranda G., 1993)

| Zona | Fecha | Ca++ | Mg++ | Na+ | K+ | Na+K | Ca+Mg | Cationes |
|----------|-------|------|------|------|-----|------|-------|----------|
| Zona A | 11/88 | 25.4 | 14.2 | 5.9 | 0.3 | 6.2 | 39.6 | 45.8 |
| | 03/89 | 19.5 | 15.6 | 3.8 | 0.4 | 4.2 | 35.1 | 39.3 |
| | 07/89 | 18.1 | 10 | 2.1 | 0.3 | 2.4 | 28.1 | 30.5 |
| | 11/89 | 67.3 | 61.7 | 22.5 | 0.8 | 23.3 | 129 | 152.3 |
| | 03/92 | 16.5 | 9.9 | 5.6 | 0.3 | 5.9 | 26.4 | 32.3 |
| | 04/92 | 27.1 | 20.1 | 9.9 | 0.4 | 10.3 | 47.2 | 57.5 |
| | 09/92 | 40 | 26.7 | 16.5 | 0.8 | 17.3 | 66.7 | 84 |
| | 03/93 | 32.6 | 63.1 | 36.1 | 0.7 | 36.8 | 95.7 | 132.5 |
| Zona B | 11/88 | 28.8 | 14 | 3.8 | 0.5 | 4.3 | 42.8 | 47.1 |
| | 03/89 | 15.2 | 17.2 | 4.8 | 0.3 | 5.1 | 32.4 | 37.5 |
| | 07/89 | 20 | 12 | 3.1 | 0.3 | 3.4 | 32 | 35.4 |
| | 11/89 | 33.1 | 31.6 | 19.1 | 0.7 | 19.8 | 64.7 | 84.5 |
| | 03/92 | 21.7 | 12.7 | 3.6 | 0.3 | 3.9 | 34.4 | 38.3 |
| | 04/92 | 26.2 | 17.5 | 7.3 | 0.3 | 7.6 | 43.7 | 51.3 |
| | 09/92 | 18.5 | 12 | 6.3 | 0.2 | 6.5 | 30.5 | 37 |
| | 03/93 | 17.2 | 9.5 | 2.7 | 0.2 | 2.9 | 26.7 | 29.6 |
| Zona C | 11/88 | 30.4 | 15 | 3.3 | 0.5 | 3.8 | 45.4 | 49.2 |
| | 03/89 | 19 | 15.8 | 4.5 | 0.4 | 4.9 | 34.8 | 39.7 |
| | 07/89 | 22.6 | 12.4 | 5.4 | 0.5 | 5.9 | 35 | 40.9 |
| | 11/89 | 38.5 | 33.1 | 21.7 | 0.8 | 22.5 | 71.6 | 94.1 |
| | 03/92 | 32.7 | 24.6 | 10.3 | 0.6 | 10.9 | 57.3 | 68.2 |
| | 04/92 | 32.8 | 24.1 | 11.8 | 0.5 | 12.3 | 56.9 | 69.2 |
| | 09/92 | 47.1 | 38.9 | 19.6 | 1.4 | 21 | 86 | 107 |
| | 06/88 | 31.3 | 24.1 | 15.7 | 0.7 | 16.4 | 55.4 | 71.8 |
| Sondeo 2 | 03/93 | 32.1 | 44.4 | 24.8 | 0.6 | 25.4 | 76.5 | 101.9 |
| S. Embar | 06/88 | 38.9 | 42.5 | 37.7 | 0.8 | 38.5 | 81.4 | 119.9 |
| | 03/93 | 31.4 | 87.2 | 51.7 | 1 | 52.7 | 118.6 | 171.3 |

TABLA 3.5.9.- RESUMEN DE ANIONES (meq/l) en el PNTD (datos Aranda G., 1993)

| Zona | Fecha | Cl- | SO4= | HCO3- | CO3= | Cl+SO4 | Aniones |
|----------|-------|------|-------|-------|------|--------|---------|
| Zona A | 11/88 | 7.8 | 39.8 | 2.1 | 0 | 47.6 | 49.7 |
| | 03/89 | 6.2 | 32.7 | 2.4 | 0 | 38.9 | 41.3 |
| | 07/89 | 4.2 | 24.3 | 1.4 | 0 | 28.5 | 29.9 |
| | 11/89 | 30.5 | 141.5 | 2 | 0 | 172 | 174 |
| | 03/92 | 6.7 | 22.1 | 3.8 | 0.02 | 28.8 | 32.6 |
| | 04/92 | 11.9 | 45.8 | 4.5 | 0.02 | 57.7 | 62.2 |
| | 09/92 | 19.1 | 70.7 | 1.7 | 0.02 | 89.8 | 91.5 |
| | 03/93 | 5.3 | 69.3 | 9 | 0 | 74.6 | 83.6 |
| | 11/88 | 6.2 | 45.4 | 3.4 | 0 | 51.6 | 55 |
| Zona B | 03/89 | 6.8 | 29.9 | 2 | 0 | 36.7 | 38.7 |
| | 07/89 | 5.4 | 26.7 | 1.4 | 0 | 32.1 | 33.5 |
| | 11/89 | 26.6 | 64.1 | 3.2 | 0 | 90.7 | 93.9 |
| | 03/92 | 5.5 | 26.6 | 3.5 | 0.02 | 32.1 | 35.6 |
| | 04/92 | 8.9 | 43.1 | 3.3 | 0.02 | 52 | 55.3 |
| | 09/92 | 6.5 | 27.1 | 4 | 0.02 | 33.6 | 37.6 |
| | 03/93 | 6.2 | 18.9 | 5.2 | 0 | 25.1 | 30.3 |
| | 11/88 | 7.3 | 42.5 | 4 | 0 | 49.8 | 53.8 |
| | 03/89 | 6.8 | 31.2 | 2.9 | 0 | 38 | 40.9 |
| Zona C | 07/89 | 9.4 | 28.2 | 1.6 | 0 | 37.6 | 39.2 |
| | 11/89 | 31.3 | 79.4 | 2 | 0 | 110.7 | 112.7 |
| | 03/92 | 13.1 | 43.4 | 4.4 | 0.02 | 56.5 | 60.9 |
| | 04/92 | 13.5 | 53.1 | 3.7 | 0.02 | 66.6 | 70.3 |
| | 09/92 | 22.9 | 84 | 3 | 0.02 | 106.9 | 109.9 |
| | 06/88 | 18.6 | 42.7 | 8.4 | 0 | 61.3 | 69.7 |
| | 3/93 | 37.2 | 55.4 | 8.3 | 0 | 92.6 | 100.9 |
| S. Embar | 06/88 | 44.9 | 63.4 | 9.4 | 0 | 108.3 | 117.7 |
| | 03/93 | 65.6 | 86.6 | 10.4 | 0 | 152.2 | 162.6 |

3.5.3. Valores de transmisividad

La definición de los parámetros hidrogeológicos que hemos utilizado en este estudio se trató en el capítulo 1.4.2. En este capítulo se comentan sobre todo los valores de la transmisividad de la zona de estudio que se muestran en los trabajos existentes y los estimados por nosotros a partir de ensayos de bombeos en pozos del ITGE y TRAGSA (ver tabla 3.5.10). Como se irá viendo, la transmisividad en la zona de estudio tiene valores muy diferentes en zonas incluso próximas, hecho que puede justificarse si tenemos en cuenta que la mayor parte del área corresponde a un sistema kárstico, y que en el borde NW-W existen numerosos cambios laterales de facies, según se trató en capítulos precedentes.

Este parámetro es quizás el más representativo para conocer, en una primera aproximación, el tipo de acuífero que se estudia en cuanto al volumen de agua que nos puede proporcionar, ya que su valor viene dado por $T = K \times b$, siendo "K" la permeabilidad y "b" el espesor del acuífero. Su estimación aproximada también puede realizarse a partir del caudal específico según la siguiente fórmula:

$$T \text{ (m}^2\text{/día)} = 100 \times Q \text{ (l/s)/dp (m)}$$

donde T = transmisividad, Q = caudal del pozo extraído y dp = descenso producido en el pozo para ese caudal Q.

Este método aunque sea sólo una forma aproximada, podemos considerarlo válido para esta zona, pues al tratarse de un acuífero kárstico la variabilidad espacial de este parámetro es muy grande, y de lo que se trata es de tener unos órdenes de magnitud

Entre los primeros trabajos que se realizaron con profundidad para conocer el funcionamiento hidrogeológico detallado de esta zona, cabe destacar el informe

del SGOP (11/79), realizado por Sahuquillo A. y Lopez - Camacho, B. Dicho trabajo estudiaba el funcionamiento hidráulico global del acuífero de la Llanura Manchega y la influencia en Las Tablas de Daimiel de la extracción de agua subterránea.

Se elaboró un modelo para el caso concreto de Las Tablas de Daimiel, cuyos resultados indicaban la influencia que tendrían en pocos años los bombeos sobre el PNTD y Ojos del Guadiana. Parte de los resultados se plasmaban en un mapa (ver fig. 3.5.v) definiendo áreas de protección del PNTD, donde se incluían los valores de transmisividad considerados en el modelo para la zona de estudio. El origen de estos valores procedían del informe IGME - IRYDA (1975).

La figura 3.5.v. muestra unos valores de este parámetro que varía entre 50 m²/día en los borde NW y N hasta unos 10.000 m²/día en la zona central. Los límites SW y S tienen valores comprendidos entre 1.000 m²/día y 500 m²/día, valores bastante razonables si tenemos en cuenta la geología de la zona (ver fig. 3.5.a). Según hemos podido comprobar con los trabajos realizados durante esta Tesis Doctoral (geología principalmente) y según trabajos posteriores (IGME 1982; ITGE 1989), parece que los valores que se muestran en este mapa en la mitad norte de Las Tablas de Daimiel están sobreestimados, y posiblemente no supere los 100 - 300 m²/día.

El IGME (1982) en la zona de estudio diferencia dos unidades hidrogeológicas; 1/ Unidad hidrogeológica terciaria inferior y 2/ Unidad hidrogeológica terciaria superior. Estas unidades se corresponden respectivamente con los materiales del Mioceno medio y materiales pliocenos, tratados en capítulos anteriores (ver fig. 3.2.a).

La *U.H. terciaria inferior* está formada por cantos de cuarcita con arcillas rojas, en la base, y arcillas, areniscas, margas y yesos hacia techo de la unidad. Está representada en la zona NW. La transmisividad de esta unidad es muy variable debido a los numerosos cambios laterales de facies que presenta, con

valores comprendidos entre 50 y 500 m²/día (ver fig. 3.5.x). Las zonas con distinta transmisividad diferenciadas en la figura 3.5.x, corresponden a las que se daban en IGME (1982).

La *U.H. terciaria superior* ocupa la mayor parte de la zona de estudio y se corresponde con el borde más occidental de la Unidad Hidrogeológica superior del acuífero de La Llanura Manchega. Está formada por margas calcáreas con yesos y calizas margosas en la base y hacia el oeste, y por niveles claramente calcáreos con alta karstificación hacia el este. En conjunto constituye un acuífero libre con valores de transmisividad comprendidos entre 500 y 10.000 m²/día (fig. 3.5.x). El coeficiente de almacenamiento medio para toda la unidad es de 0,1 (IGME, 1982).

El ITGE (1989) elabora un mapa (fig. 3.5.y) de transmisividades del "acuífero 23" con objeto de elaborar un modelo matemático. A grandes rasgos los intervalos que presenta vienen a coincidir con los de los trabajos anteriores ya comentados.

Según la información obtenida de la Base de datos "Aguas" del ITGE y de ensayos de bombeo de pozos de TRAGSA, hemos calculado los valores de transmisividad en varios pozos de la zona (ver tabla 3.5.10). Este parámetro lo hemos estimado a partir del caudal específico, por el método que indicábamos al inicio de este capítulo. Los valores más representativos de "T" de la tabla 3.5.10, pueden verse localizados en la figura 3.5.z.

Los pozos de TRAGSA están situados en los alrededores del PNTD, y los valores de transmisividad que hemos calculado corresponden a los años 1987 y 1988. El valor de este parámetro se ha obtenido a partir de ensayos de bombeo facilitados por el propio organismo.

Los pozos del ITGE nos han facilitado información en las zonas más alejadas del PNTD, y corresponde a valores obtenidos a partir de su base de

datos, entre los años 1965 y 1980. El periodo al que corresponden estos datos (15 años) es bastante grande, pero a falta de datos más próximos en el tiempo, se han estudiado en conjunto, pues entre esas fechas el nivel freático en el acuífero no había experimentado todavía grandes cambios, y los valores obtenidos pueden considerarse coherentes.

En la figura 3.5.z. se ha optado por no dibujar zonas o isolineas de igual transmisividad debido a la gran variabilidad de los resultados que se tienen. En esa figura se puede diferenciar una zona central con valores máximos de "T" (3.000 - 10.000 m²/dia), que corresponde a las zonas del valle de los Ojos del Guadiana. Esto parece lógico si tenemos en cuenta que dicho valle era la principal zona de descarga de agua subterránea de la Llanura Manchega.

Los ensayos de bombeo disponibles del PNTD parecen indicar lo que ya se dijo anteriormente, que la zona NW del PNTD tiene un substrato predominantemente impermeable, mientras que la mitad sur es mucho más permeable o transmisiva.

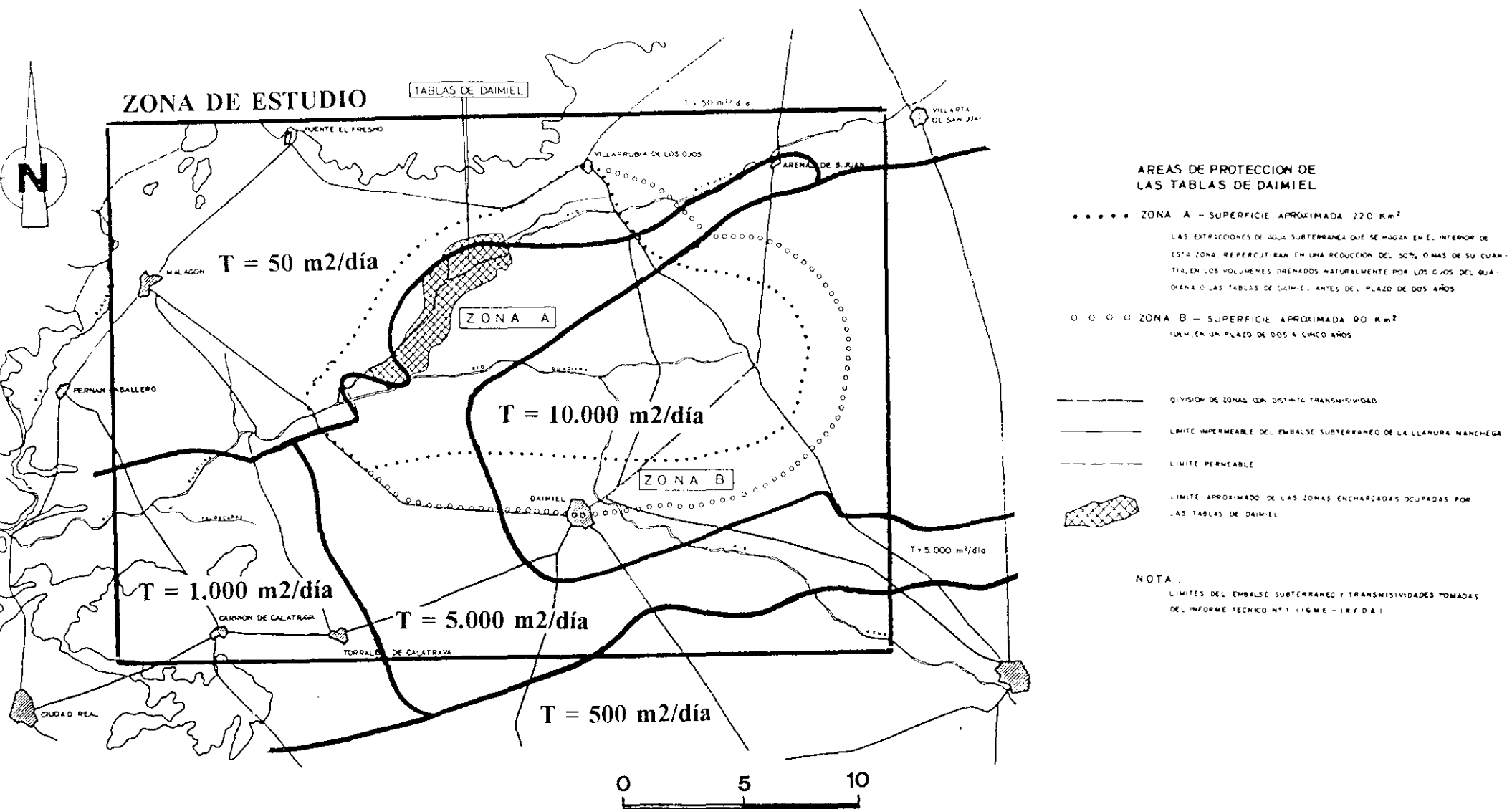


Fig. 3.5.v.- Mapa de transmisividades (IGME - IRYDA, 1975; SGOP, 1979)

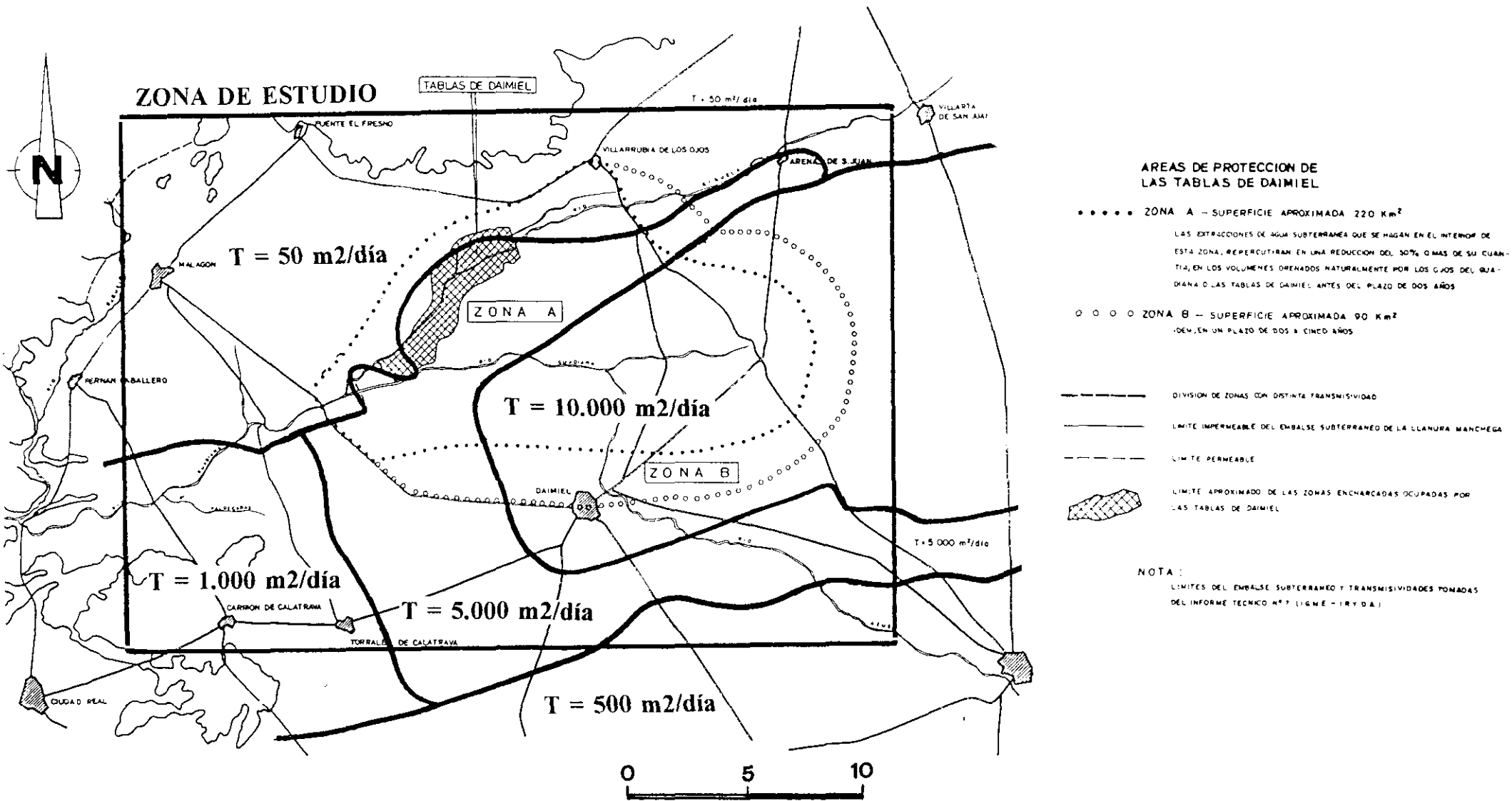


Fig. 3.5.v.- Mapa de transmisividades (IGME - IRYDA, 1975; SGOP, 1979)

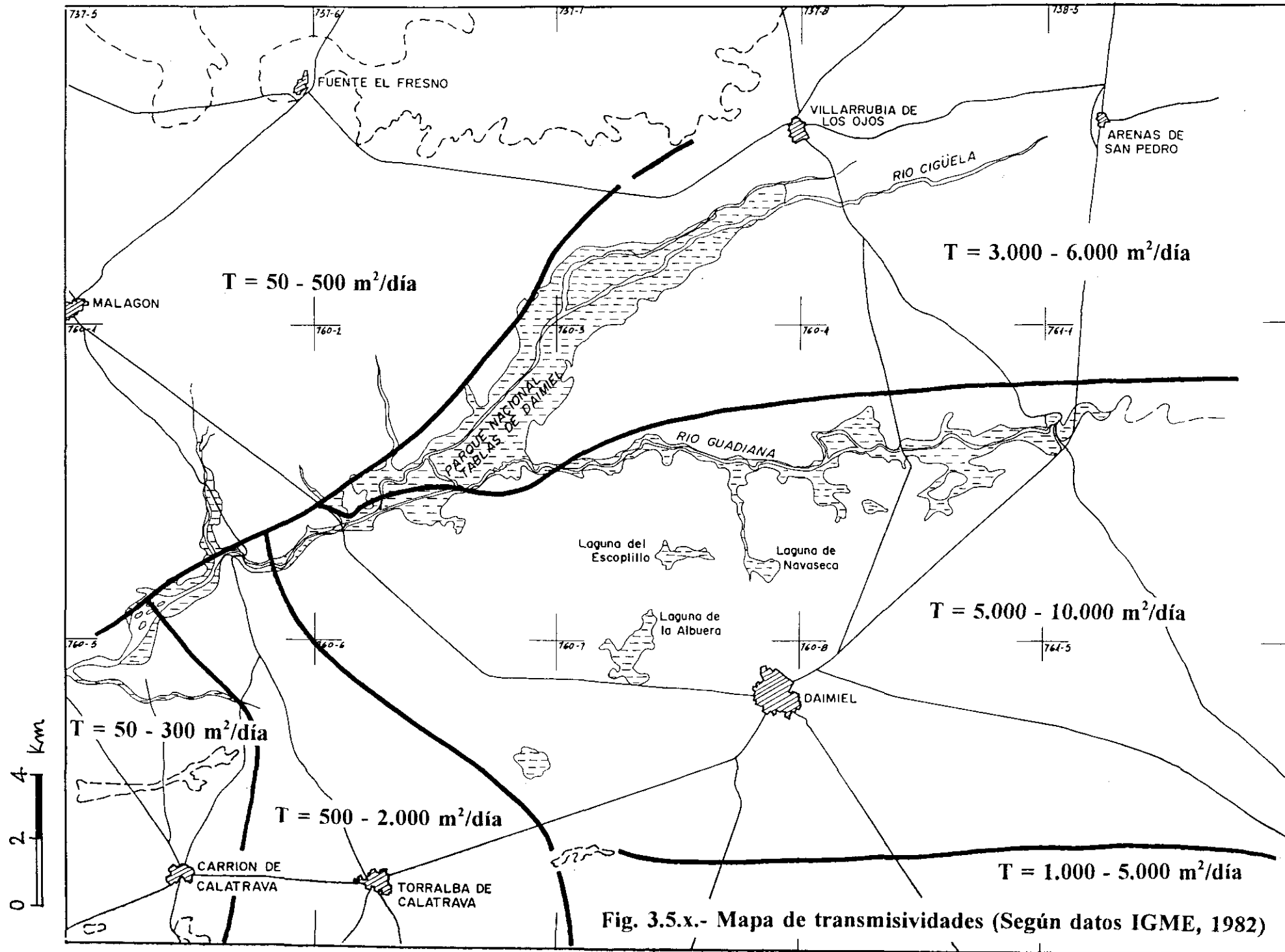


Fig. 3.5.x.- Mapa de transmisividades (Según datos IGME, 1982)

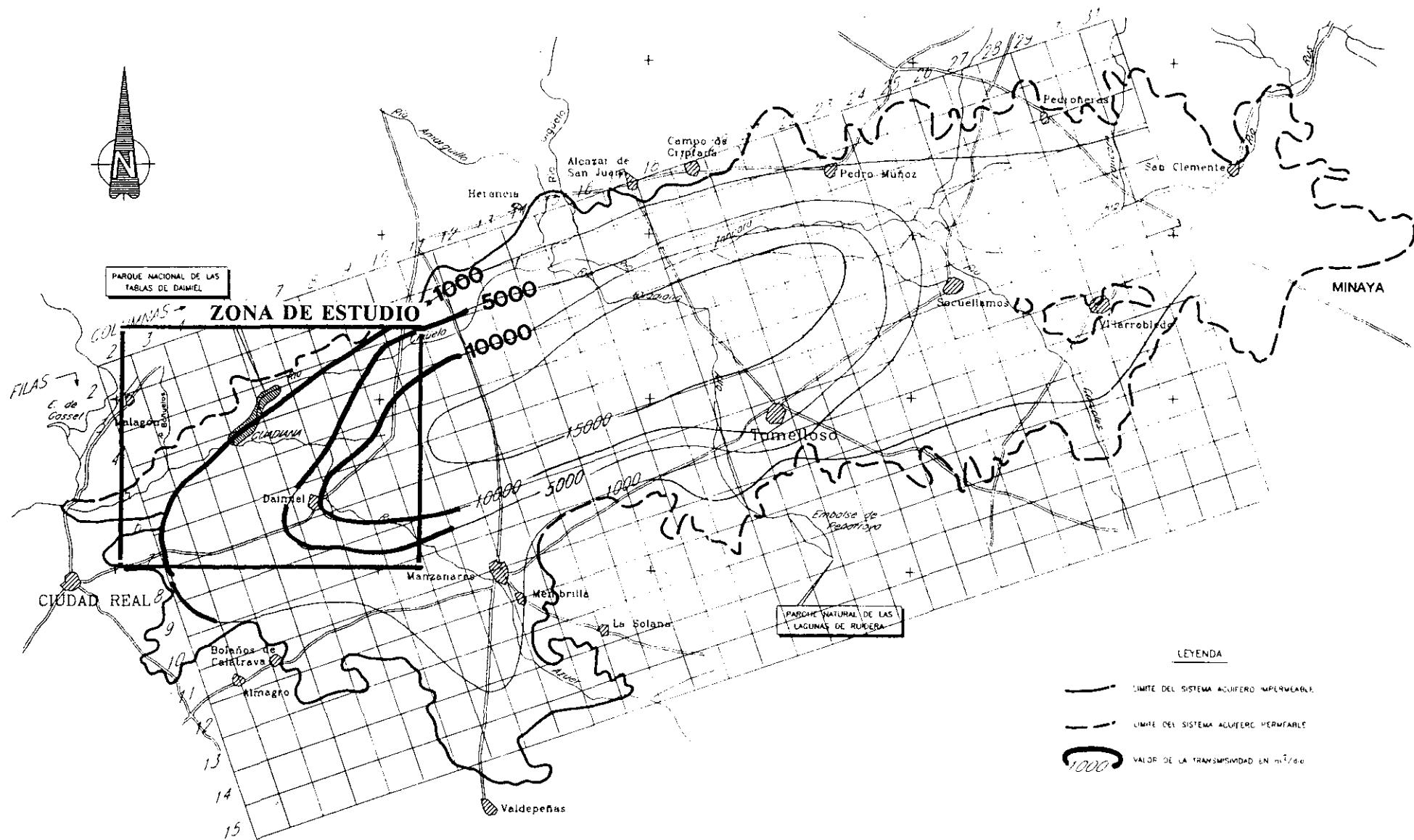


Fig. 3.5.y.- Mapa de transmisividades del acuífero de la Llanura Manchega (ITGE, 1989)

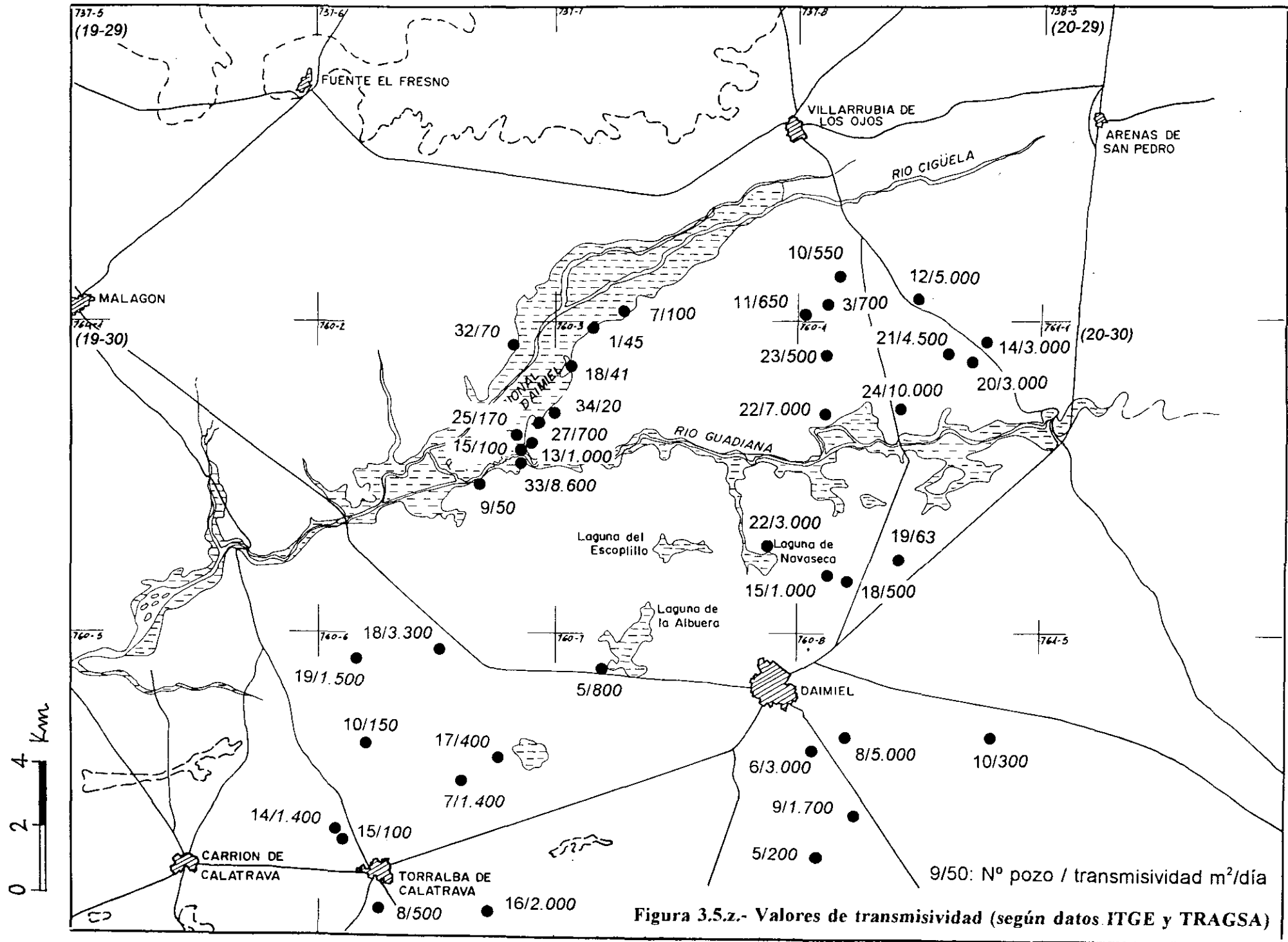


Figura 3.5.z.- Valores de transmisividad (según datos ITGE y TRAGSA)

TABLA 3.5.10.- RESUMEN DE TRANSMISIVIDAD EN POZOS DEL ITGE Y TRAGSA

| Número | Origen | Fecha | Q (m3/h) | Q (l/s) | Depr. (m) | Q esp. | T (m2/día) |
|----------|--------|-------|----------|---------|-----------|--------|------------|
| 19297007 | TRAGSA | 1988 | | 36 | 36 | 1 | 100 |
| 19298003 | ITGE | 1974 | 200 | 55.56 | 8.00 | 6.94 | 694 |
| 19298010 | ITGE | 1974 | 40 | 11.11 | 2.00 | 5.56 | 556 |
| 19298011 | ITGE | 1974 | 70 | 19.44 | 3.00 | 6.48 | 648 |
| 19298012 | ITGE | 1974 | 100 | 27.78 | 0.50 | 55.56 | 5556 |
| 19301009 | ITGE | 1973 | 280 | 77.78 | 0.10 | 777.78 | 77778 |
| 19302009 | TRAGSA | 1988 | | 20 | 40 | 0.5 | 50 |
| 19302013 | TRAGSA | 1987 | | 30 | 2.81 | 10.67 | 1067 |
| 19302014 | TRAGSA | 1987 | | 26 | 2 | 18 | 1800 |
| 19302015 | TRAGSA | 1988 | | 21 | 20.97 | 1 | 100 |
| 19302025 | TRAGSA | 1987 | | 35 | 20.44 | 1.71 | 171 |
| 19302027 | TRAGSA | 1987 | | 120 | 17.42 | 6.88 | 688 |
| 19302032 | TRAGSA | 1987 | | 15 | 21 | 0.7 | 70 |
| 19302034 | TRAGSA | 1988 | | 10 | 49 | 0.2 | 20 |
| 19302033 | TRAGSA | 1988 | | 68 | 0.79 | 86 | 8600 |
| 19302038 | ITGE | 1988 | 16 | 4.44 | 0.44 | 10.10 | 1010 |
| 19303001 | TRAGSA | 1988 | | 11 | 24.06 | 0.45 | 45 |
| 19303007 | ITGE | 1974 | 150 | 41.67 | 3.00 | 13.89 | 1389 |
| 19303008 | ITGE | 1974 | 100 | 27.78 | 5.00 | 5.56 | 556 |
| 19303018 | TRAGSA | 1987 | | 16 | 39 | 0.41 | 41 |
| 19303021 | ITGE | 1973 | 100 | 27.78 | 2.00 | 13.89 | 1389 |
| 19303022 | ITGE | 1973 | 500 | 138.89 | 5.00 | 27.78 | 2778 |
| 19303023 | ITGE | 1974 | 215 | 59.72 | 0.26 | 229.70 | 22970 |
| 19304014 | ITGE | 1973 | 180 | 50.00 | 2.00 | 25.00 | 2500 |
| 19304015 | ITGE | 1965 | 43 | 11.94 | 1.25 | 9.56 | 956 |
| 19304016 | ITGE | 1965 | 4 | 1.11 | 1.50 | 0.74 | 74 |
| 19304017 | ITGE | 1965 | 4 | 1.11 | 0.50 | 2.22 | 222 |
| 19304018 | ITGE | 1965 | 40 | 11.11 | 2.50 | 4.44 | 444 |
| 19304019 | ITGE | 1965 | 9 | 2.50 | 4.00 | 0.63 | 63 |
| 19304020 | ITGE | 1973 | 60 | 16.67 | 0.50 | 33.33 | 3333 |
| 19304021 | ITGE | 1974 | 50 | 13.89 | 0.30 | 46.30 | 4630 |
| 19304022 | ITGE | 1974 | 120 | 33.33 | 0.50 | 66.67 | 6667 |
| 19304023 | ITGE | 1974 | 80 | 22.22 | 4.00 | 5.56 | 556 |
| 19304024 | ITGE | 1974 | 180 | 50.00 | 0.50 | 100.00 | 10000 |
| 19306008 | ITGE | 1974 | 70 | 19.44 | 4.00 | 4.86 | 486 |
| 19306010 | ITGE | 1974 | 100 | 27.78 | 20.00 | 1.39 | 139 |
| 19306011 | ITGE | 1974 | 80 | 22.22 | 3.00 | 7.41 | 741 |
| 19306012 | ITGE | 1974 | 70 | 19.44 | 8.00 | 2.43 | 243 |
| 19306013 | ITGE | 1974 | 80 | 22.22 | 4.00 | 5.56 | 556 |
| 19306014 | ITGE | 1974 | 150 | 41.67 | 3.00 | 13.89 | 1389 |
| 19306015 | ITGE | 1974 | 20 | 5.56 | 7.00 | 0.79 | 79 |
| 19306016 | ITGE | 1974 | 80 | 22.22 | 1.00 | 22.22 | 2222 |
| 19306017 | ITGE | 1974 | 150 | 41.67 | 10.00 | 4.17 | 417 |
| 19306018 | ITGE | 1980 | 240 | 66.67 | 2.00 | 33.33 | 3333 |
| 19306019 | ITGE | 1980 | 220 | 61.11 | 4.00 | 15.28 | 1528 |
| 19307005 | ITGE | 1973 | 300 | 83.33 | 10.00 | 8.33 | 833 |
| 19308005 | ITGE | 1973 | 150 | 41.67 | 18.00 | 2.31 | 231 |
| 19308006 | ITGE | 1965 | 54 | 15.00 | 0.50 | 30.00 | 3000 |
| 19308007 | ITGE | 1974 | 29 | 8.06 | 12.00 | 0.67 | 67 |
| 19308008 | ITGE | 1965 | 18 | 5.00 | 0.10 | 50.00 | 5000 |
| 19308009 | ITGE | 1965 | 18 | 5.00 | 0.30 | 16.67 | 1667 |
| 19308010 | ITGE | 1974 | 70 | 19.44 | 6.00 | 3.24 | 324 |

3.5.4.- Balance Hídrico

3.5.4.1.- **Introducción**

i.- Fundamentos del balance hídrico.

El funcionamiento hidrológico de un humedal viene caracterizado por lo que numerosos ecólogos suelen denominar como "hidroperiodo". Esta expresión muchas veces algo confusa, puede entenderse como el conocimiento del nivel del agua superficial (o del nivel freático) a lo largo del tiempo y en cada sitio del humedal.

En términos más puramente hidrológicos diremos que se trata de conocer, al menos potencialmente, el hidrograma del nivel del agua superficial o de la superficie freática en cada punto.

Este nivel es consecuencia de las variaciones en las entradas y salidas de agua en cada zona y de las consiguientes variaciones en el almacenamiento. En otras palabras, se trata de aplicar la conocida ecuación del balance hídrico o de la conservación de masas, que se suele expresar:

$$E - S = \Delta M / \Delta t$$

donde:

E es el caudal de entrada (L^3/T^{-1}).

S el caudal de salida (L^3/T^{-1}).

ΔM es la variación en el almacenamiento (L^3).

t es el tiempo.

Obviamente lo primero que hay que definir es el recinto o espacio al que hay que aplicar el balance, y en segundo lugar la unidad de tiempo Δt con la que

se trabaja (cf. Gilman, 1994).

En los humedales de clima semiárido, como es el caso de La Mancha, es de suma importancia la realización del balance hídrico muy detallado. En estas regiones, cuando el nivel freático está muy próximo a la superficie del terreno, el que una laguna tenga o no agua puede depender tan sólo por ejemplo del valor que alcance la evaporación. Por ello es muy importante cuantificar los términos que intervienen en el balance hídrico. Los trabajos más recientes y de altura científica en los que se hace un balance hídrico de las lagunas manchegas, se deben a Fornés, (1994) y que Hera de la, et al. (1995).

Para la aplicación del balance sobre una determinada zona se deberán conocer los siguientes elementos:

1. Espacio físico considerado: Se deberá conocer la superficie de aplicación, diferenciando la zona máxima inundable y el área que contribuye a la escorrentía superficial.

2. Escala de tiempo: El intervalo de tiempo que se considere va a depender en los casos generales de la variación en el almacenamiento. En la práctica no siempre se disponen de datos con la frecuencia deseada, y el balance debe realizarse dentro del rango de tiempo en que se disponga de información. En Gilman, (1994) se insiste sobre la importancia de usar una escala de tiempo muy pequeña en el balance hídrico de los humedales, con objeto de registrar pequeñas variaciones en su funcionamiento hídrico (horas, días o semanas).

3. Términos de balance: Se debe cuantificar con la mayor exactitud que sea posibles las entradas y salidas del agua al sistema considerado.

Entradas: Precipitación, escorrentía superficial (aportes naturales y antrópicos), escorrentía subterránea.

Salidas: Evaporación de lámina libre de agua, evapotranspiración de las zonas con vegetación, escorrentía superficial, y escorrentía subterránea (infiltración).

Variación en el almacenamiento: Se calcula teniendo en cuenta las variaciones en el nivel de la zona inundada y la curva que relaciona estas variaciones de nivel con la superficie inundada y con el volumen de agua almacenado.

Habitualmente la determinación de algunas de estas variables presenta dificultades, por lo que inevitablemente se producen errores en la elaboración del balance. Esto implica que algunas de las cifras que intervienen sean estimadas, y por tanto deben considerarse como tales. La validez del balance dependerá de la fiabilidad de los términos empleados.

ii.- Características generales de los balances existentes.

En este capítulo vamos a analizar varios balances hídricos realizados en las Tablas de Daimiel hasta la fecha, teniendo en cuenta que el recinto físico al que se aplica no es homogéneo. Varía desde todo el acuífero de la Mancha Occidental (5.500 km²), sólo se menciona, hasta las propias Tablas (15 o 20 Km²), cuyo análisis se hará con más detalle.

La unidad de tiempo (Δt) utilizada también es muy variable. La más pequeña considerada en estudios anteriores, es de el mes (MOPU - MAPA, 1986) y SGOP (06/88, 09/89, 09/90, 03/93); en SGOP (1983) se considera el año dividido en dos periodos uno seco y otro húmedo de seis meses cada uno; y en Llamas (1989) se hace un balance todavía más simple referido a todo el año y que tiene como objetivo principal indicar las inconsistencias de algunos balances anteriores.

De acuerdo con Gilman (1995) y otros autores consideramos que el balance de los humedales importantes como es el PNTD se debe hacer a una escala de tiempo como mucho mensual y a ser posible semanal o diaria. Lamentablemente este tipo de balance no se ha podido realizar en esta Tesis, no sólo por falta de medios sino por la dificultad y la opacidad informativa de los organismos de la Administración (SGOP, ICONA), que no nos han facilitado datos sobre los pozos del Parque y escalas de las Tablas, pluviometría y otros datos meteorológicos de la estación del PNTD, etc. Todo ello, a pesar de haber sido solicitado varias veces y por escrito por el Director de esta tesis (cf. Llamas 1995c).

Por ello, en este capítulo nos vamos a limitar a hacer un análisis crítico de los balances ya publicados, reelaborando algunos datos, y también a exponer el planteamiento que sería necesario hacer para realizar lo antes posible un balance que permita conocer de modo más adecuado el funcionamiento hidrológico de Las Tablas de Daimiel.

De modo sintético adelantamos las características de los principales balances efectuados hasta la fecha. El primero es el que figura en SGOP (11/79) que se refiere a todo el conjunto del acuífero de la Mancha Occidental y sirve para tener un orden de magnitud de los valores de la pluviometría, evapotranspiración y recarga natural del acuífero.

En SGOP (1983) se plantea por vez primera un balance de la zona de las Tablas de Daimiel para el año 1973/74, que se consideraba como no perturbado, y también un hipotético balance para el futuro. Este informe reitera de modo algo concreto lo ya advertido en SGOP (11/79) de que Las Tablas podrían quedar en seco si continuaban los bombeos. Sin embargo su predicción fué demasiado optimista, especialmente en la estimación de la capacidad de infiltración o recarga de Las Tablas (unos 30 hm³/año) hacia el acuífero infrayacente. En SGOP (12/83) ya se admite que las Tablas de Daimiel se iban a convertir en una gigantesca balsa de recarga artificial, aunque desde nuestro punto de vista esa capacidad

de recarga se infravalora.

Especialmente interesante resulta el balance del MOPU - MAPA (1986) realizado con la colaboración técnica de EPTISA, donde se realizan balances a nivel mensual, lo que parece más adecuado. Estos balances parten de un estudio donde se establecen curvas que relacionan la cota del agua con el volumen almacenado. El método de elaboración de estas curvas están convenientemente justificadas en el Tomo II (anejo 1) de dicho estudio. Por el contrario, las características físicas con las que trabaja en cuanto a la permeabilidad de Las Tablas, no responde en absoluto a la geología de la zona. En ese informe se realizaban varios balances futuros suponiendo distintas alternativas de las aportaciones exteriores, con objeto de establecer cuáles deberían ser las aportaciones necesarias para mantener los niveles de agua requeridos en el parque. Sin embargo, las cifras utilizadas lleva a los autores a considerar que con unas aportaciones exteriores de 20 o 30 hm³/año podría mantenerse a Las Tablas con unos niveles óptimos, dejando salir en Puente Navarro un determinado caudal.

Como se verá más adelante, dichos balances se hicieron calculando la infiltración (según la superficie inundada de cada mes) aplicando una permeabilidad homogénea de 6×10^{-6} m/día. Esta permeabilidad no se justifica adecuadamente y por ello según nuestro parecer los mismos balances que se hicieron en este trabajo podrían realizarse con permeabilidades mucho mayores (posible debido al carácter kárstico de Las Tablas), por lo que la infiltración que se obtendría podría ser completamente diferente, incluso 2 o 3 veces superior a la dada. Así pues, este informe tiene valor en cuanto a la información que aporta, datos climáticos, aforos y cubicación de la laguna para esas fechas (a partir de datos de 4 escalas), pero falla al realizar el balance suponiendo siempre una infiltración invariable y homogénea para todo el PNTD, que no corresponde con la realidad.

Ese informe MOPU - MAPA constituyó la base teórica fundamental para

aprobar el denominado Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel, consistente en resumen en traer agua del Acueducto Tajo - Segura para llevarla a Las Tablas a través del río Cigüela. Esa aportación consistente en un trasvase de hasta 60 hm³ cada tres años, con un máximo de 30 hm³/año, que se ha prolongado durante siete años y puede afirmarse que ha sido un auténtico fracaso.

Llamas (1988 y 1989) ya admite la probabilidad de que ese Plan no de resultado y en el segundo trabajo ya presenta un balance hídrico de Las Tablas en régimen perturbado que difiere esencialmente de los de SGOP (1983) y MOPU-MAPA (1986), en el sentido de afirmar que la recarga o infiltración desde las Tablas de Daimiel al acuífero está infravalorada, estimando que fácilmente puede ser más del doble de los 20 - 30 hm³ fijados en trabajos anteriores. Además, advierte que buena parte de los caudales del Tajo tomados desde el Acueducto Tajo Segura ni siquiera llegan al PNTD pues se infiltran en el lecho del río Cigüela.

Con motivo del mencionado Plan de Regeneración Hídrica, algunos investigadores extranjeros como Hollins (1988) y Smart (1988), indicaron el interés de que se siguiera con detalle la operación del envío de agua del Tajo y que para ello se contara con la colaboración de universidades, incluso a nivel internacional. Estas recomendaciones cayeron en saco roto. En los informes del SGOP (6/88 al 3/93) "sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales desde el ATS con destino al PNTD", se realizaban balances hídricos mensuales del PNTD, pero no se justifican convenientemente como veremos más adelante, quizá por usar una metodología en la que los datos de partida no son válidos (particularmente en lo referido a la cubicación de la laguna).

Finalmente cabe decir que en CEDEX (1994) se reconoce que la derivación a través del río Cigüela no es el modo adecuado de llevar agua al PNTD, que en resumen da la razón a lo ya indicado antes y en diversos sitios por el Director de

esta Tesis.

3.5.4.2.- Balance del PNTD en régimen natural

En este apartado se comentan los balances hídricos del PNTD realizados para una situación apenas perturbada (año 1973-74), según los trabajos del SGOP (1983), MOPU - MAPA (1986) y en menor medida SGOP (6/88, 11/88, 9/90, 3/93).

i.- Balance según SGOP (12/83)

En el informe del SGOP (12/83) "Estudio de la explotación de aguas subterráneas en las proximidades del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y su influencia sobre el soporte hídrico del ecosistema" se realizaba un balance hídrico de Las Tablas de Daimiel para el año 1973-1974. La elección de este año para hacer el balance hídrico, se debe a que es en estas fechas la incidencia de la explotación de agua subterránea sobre los aportes subterráneos al PNTD era todavía mínima (ver figura 3.5.za). Las cifras del balance pueden verse en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | <u>Salidas</u> |
|----------------------|-----------------------|
| Lluvia: 7 | Evaporación: 9 |
| Ap. superficial: 210 | Sal. superficial: 242 |
| Ap. subterránea: 45 | Toma directa: 11 |
| Total: 262 | Total: 262 |

Para la aplicación del balance se consideraba el territorio del Parque Nacional completo (fig. 3.5.zb), incluyendo el tramo del río Guadiana hasta Puente Navarro (tramo conocido como zona de restauración). Aunque en este informe no queda claro, parece que a efectos del balance considera la localización de Puente Navarro (la presa todavía no se había construido en esas fechas) en el mismo emplazamiento que Flor de Ribera (situado 3 km aguas abajo).

El origen de los datos utilizados por el SGOP (12/83) es el siguiente:

Entradas

- Pluviometría. Utilizaba datos de la estación metereológica de Villarrubia de los Ojos. En época húmeda (diciembre - mayo) se consideraba la lluvia caída sobre una superficie de 2.000 ha y en época seca (junio - noviembre) sobre 1.000 ha, siendo de 5 hm³ y 2,4 hm³ respectivamente.

- Aportaciones superficiales. Se consideraban: 1) las aportaciones del Guadiana medidas en Molino de Griñón (situada unos 4 km antes de su confluencia con Las Tablas), que incluía las aportaciones del río Azuer, con un total 108 hm³ para es año, 2) aportaciones del río Cigüela medidas en la estación de aforos de Buenavista (E.203), siendo para ese año 90 hm³, 3) aportaciones de barrancos y arroyos de la zona norte del PNTD, estimadas suponiendo una escorrentía del 5% de la lluvia caída en ese periodo sobre unos 500 km² de cuenca, representando un total de 12 hm³.

- Aportaciones subterráneas. Se estimaban por diferencia entre las entradas y salidas, obteniéndose un total (en Las Tablas y Guadiana hasta Flor de Ribera) de 45 hm³/año. El flujo subterráneo para esas fechas correspondiente sólo a Las Tablas sin considerar la "zona de restauración" entre el Guadiana y Puente Navarro, se estimaba en 15 hm³ (SGOP 11/79).

Salidas

- Evaporación. Se calculó con tanque A en las propias Tablas. Los valores obtenidos en ese periodo fueron de 3,05 mm/día de media, lo que supone 4 hm³ en los seis meses húmedos (suponiendo 2.000 ha) y de 5 hm³ en los restantes meses secos (suponiendo 1.000 ha de superficie).

- Toma directa del Guadiana. Se estimaban 900 ha de regadío (datos C.H.G), que representaban 11 hm³/año.

- Salida superficial. Se midió en la escala situada en Flor de Ribera sobre el río Guadiana. El valor obtenido fué de 242 hm³, correspondiendo 162 hm³ a la época húmeda (diciembre - mayo) y 80 hm³ a la época seca (junio - noviembre).

Según se han considerado los distintos téminos del balance, parece como decíamos al principio, que efectivamente a efectos de realizar los cálculos se consideraba en la misma ubicación Puente Navarro y Flor de Ribera.

Este trabajo constituía el primer balance detallado del PNTD ya que en trabajos anteriores (SGOP,11/79), se habían realizado balances más generales referidos a todo el conjunto del acuífero (5.500 km²). Revisando el balance del SGOP (12/83), vale la pena hacer las siguientes consideraciones que pueden contribuir ligeramente a su mejora o al menos presentar otras alternativa conceptuales:

1. Considerar la aportación superficial del Cigüela a Las Tablas de Daimiel iguales a las aforadas en la estación 203 (unos 30 km aguas arriba) puede llevar a cometer errores de cierta importancia, pues en el tramo E.203 y entrada al PNTD, corresponde a una zona muy permeable, tanto por el propio aluvial del río como el acuífero infrayacente kárstico. Durante el año 1973 -74 no disponemos de aforos que permitan comparar las portaciones en E.203 con las de entrada al Parque (o en Villarrubia de los Ojos E. 203) aunque por la geología, parece

bastante posible que en régimen natural ese tramo del río fuera "ganador", y por lo tanto las aportaciones a Las Tablas fueran también mayores (esto no debe considerarse más que cómo una mera hipótesis a falta de datos que lo justifique).

2. En climas semiáridos como es la región que nos ocupa, la evapotranspiración puede alcanzar valores de bastante importancia, que se debería considerar para las zonas con vegetación que puedan estar inundadas o no. Además, en los meses secos en los que la laguna no permanece completamente inundada, debería considerarse la superficie de evaporación mayor a la estrictamente encharcada ya que los valores de la evaporación mantienen los mismos órdenes de magnitud (según litologías) hasta profundidades aproximadas de un metro. En Las Tablas de Daimiel esto se vería favorecido ya que el límite superior de la superficie saturada bajo la laguna en épocas de estiaje, según las zonas, podría encontrarse hasta a pocos centímetros por debajo de la superficie topográfica.

3. Según lo expuesto, al hacer el balance anual, parece razonable considerar unos valores de pérdidas por evapotranspiración y evaporación, que fácilmente podrían ser de 15 o 20 hm³. Esto supondría, según la metodología empleada en SGOP (12/83) una descarga subterránea en Las Tablas más río Guadiana hasta Flor de Ribera, de entre 5 y 10 hm³ más, es decir, unos 50 o 60 hm³/año. El término correspondiente a las aportaciones superficiales por el Cigüela no se puede estimar con más precisión que en SGOP (12/83) a falta de una estación de aforos más próxima al PNTD.

ii.- Balance según MOPU - MAPA (1986)

En el año 1986, el MOPU - MAPA realiza con la colaboración técnica de EPTISA el "Estudio de viabilidad de un plan de regeneración hídrica en el Parque Nacional de Daimiel". En este trabajo se hacía un balance hídrico del PNTD para el año 1973-74 (ver tabla 3.5.11 y resumen en cuadro 2), con objeto de determinar las aportaciones de origen subterráneo que recibían Las Tablas de

Daimiel en un régimen natural, antes de que comenzara la explotación intensiva de agua subterránea en el acuífero de La Llanura Manchega. El objetivo final de dicho trabajo era conocer las aportaciones que debería tener Las Tablas en régimen perturbado para mantener unos niveles mínimos y óptimos de inundación (se verá más adelante). La elección del año 1973-74 para realizar el balance se justificaba por ser el primer año en el que se tenían datos de niveles en las escalas del Parque, y porque la incidencia de explotación para regadíos era todavía pequeña.

Cuadro 2.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | | <u>Salidas</u> | |
|------------------|-----|-------------------|-----|
| Lluvia: | 7 | Evaporación: | 10 |
| Ap. superficial: | 206 | Sal. superficial: | 222 |
| Ap. subterránea: | 19 | | |
| Total: | 232 | Total: | 232 |

Para realizar el balance hídrico se utilizaron las siguientes fuentes de datos:

Entradas

- Aportaciones superficiales: Al igual que SGOP (12/83), consideraba la estación nº 203 de Buenavista en el río Cigüela y Puente de Griñon (nº 25) en el Guadiana (incluye la descarga subterránea de los Ojos del Guadiana y las aportaciones superficiales del río Azuer).

- Precipitaciones. Se consideraba la lluvia caída sobre 2.000 ha en época húmeda y sobre 1.000 ha en época seca.

El resumen del balance anual realizado para el año 1973 - 1974 (cuadro 2) indicaba unas entradas totales de 232 hm^3 , de los cuales 19 hm^3 correspondían a aportaciones subterráneas en Las Tablas, 105 hm^3 del río Guadiana (superficial del Azuer y subterránea del Guadiana), 90 hm^3 al río Cigüela, 11 aportaciones de arroyos y 7 hm^3 de lluvia. En MOPU - MAPA (1986) no se considera la toma directa para regadío de 900 ha (11 hm^3) que se daban en SGOP (1982) explicando que esos regadíos se situaban aguas abajo de Puente Navarro.

Salidas

- Salidas superficiales. Considera la estación de aforos de Puente Navarro (E. nº 24). Recordamos que en SGOP (12/83) se consideraban las salidas en Flor de Ribera, 3 km aguas abajo de Puente Navarro (ver figura 3.5.zb). Desconocemos la razón de los diferentes criterios utilizados en ambos trabajos para considerar una u otra estación de aforos.

- Evaporación. Se realizó un estudio de los datos publicados de evaporímetro de tanque A y Piché en los embalses de Torre Abraham, Cijara y Orellana y evaporímetro de Piché en Ciudad Real y Alcazar de San Juan. Para la aplicación del balance en Las Tablas de Daimiel se optó por tomar las evaporaciones medias de tanque A corregidas, obteniendo una evaporación media anual de 1.072 mm. Se aplicaba la evaporación media mensual sobre la zona encharcada de cada mês. Esa superficie se calculaba a través de la curva de superficie encharcada - cota del agua.

Variación del volumen de agua almacenada

En este sentido, para conocer el funcionamiento hídrico de Las Tablas, se utilizó como variable de referencia los niveles de las escalas del parque. A partir de esos niveles se definieron unas leyes de variación de las mismas de acuerdo con la información hidrológica, topográfica, y de los registros históricos

disponibles. El estudio se realizó para conocer cuál debía ser la superficie encharcada suponiendo desde un máximo de 1.800 ha al final del periodo húmedo, hasta un mínimo de 600 ha al final de la época seca.

- Cubicación de Las Tablas Se partió de una base topográfica mediante restitución fotogramétrica a escala 1/5.000 y se realizó un mallado de celdas de 250 m x 250 m. Por planimetría se vió para cada celda la zona que podría quedar encharcada y su cota media, y con estos datos se obtuvieron las curvas de embalse y superficie encharcada mediante tratamiento informático. Se calculó la curva de embalse hasta al cota 608 m que tan sólo alcanzaba en la entrada del Parque por efecto de la vegetación, y se optó por asociar los niveles y los volúmenes de agua referidos a al escala de Embarcadero, por ser la más centrada en sentido longitudinal del PNTD. El volumen máximo inundado corresponde a la cota 608 m con 17 hm³ y 14 hm³ si se considera la cota máxima de 607,7 m (ver tabla 3.5.12).

Se calculó también la curva de "cota del agua - superficie encharcada", suponiendo una superficie de lámina horizontal. Se obtenía que para poder mantener al final de la época seca un mínimo de 600 ha encharcadas el nivel debía estar a la cota 606,5 m. Para poder mantener las 1.800 ha correspondientes a la inundación total, se requería una cota de 607 m.

- Escalas del Parque En el año 1972 se instalaron seis escalas, de las cuales dos de ellas desaparecieron en posteriores obras de limpieza. Todas ellas fueron niveladas. En el estudio MOPU - MAPA (1986) se calcularon los valores medios mensuales de los niveles de agua registrados en el periodo 1973/74 - 1984/85 a partir de los partes de medición tomados por de los guardas del Parque, en las cuatro escalas que actualmente permanecen (ver fig. 3.5.zb).

La nivelación de las escalas según MOPU MAPA (1986) (Anejo I), indica las siguientes cotas absolutas:

- Embarcadero: 606,67 m.
- Tablazo: 606,62 m.
- isla de Algeciras: 607,06 m.
- Casa Blanca: 606,61 m.

- Niveles máximos, óptimos y mínimos Se pretendía mantener una lámina de agua fluyente que garantizara la supervivencia de la avifauna y flora del Parque. Se consideraba como nivel óptimo al mínimo que asegurase la permanencia del agua en, al menos el 40 % de la superficie encharcada. Con este criterio se consideró cómo niveles óptimos en cada mes, los correspondientes al año medio del periodo 1973/74 - 1979/80, tomando como referencia la escala de Embarcadero. Los niveles máximos y mínimos se consideraban los que oscilan sobre los óptimos 35 cm por encima y por debajo respectivamente. Con esto, el nivel máximo se obtiene con 1.700 ha al final del periodo húmedo y 1.100 ha al final del periodo seco. Los correspondientes al nivel mínimo son de 1.100 ha y 600 ha encharcadas al final de los periodos húmedo y seco respectivamente. (ver tabla 3.5.12).

Si comparamos los balances del SGOP (1983) y MOPU - MAPA (1986) para el año 1973/74 (cuadros 1 y 2), se pueden hacer las siguientes consideraciones:

1. El SGOP (1983) cierra el balance hídrico de Las Tablas en "Flor de Ribera" con una salida de 242 hm³/año, y MOPU - MAPA (1986) en "Puente Navarro" (222 hm³/año). La diferencia de estos 20 hm³ corresponde (según MOPU - MAPA, 1986), a las aportaciones subterráneas del Guadiana entre "Puente Navarro" y "Flor de Ribera", localizado unos 3 km aguas abajo.

2. El SGOP (1983) estima las aportaciones subterráneas del Guadiana en 45 hm³/año, de las cuales 15 hm³/año corresponden a la descarga subterránea en las propias Tablas, y 30 hm³ /año a la descarga en el tramo comprendido entre el final del Parque y Flor de Ribera. De estos 30 hm³ , 10 parecen corresponder

al Guadiana hasta Puente Navarro y los 20 restantes al tramo comprendido entre Puente Navarro y Flor de Ribera.

En MOPU - MAPA (1986) se calculaba una aportación subterránea hasta "Puente Navarro", de 19 hm^3 , sensiblemente inferior a la que se puede obtener del trabajo del SGOP (12/83), de 25 hm^3 ($15 + 10 \text{ hm}^3$), calculado por diferencia entre los aforos en Puente Navarro y Flor de Ribera.

3. En la comparación de estos balances existe una incongruencia, pues según lo expuesto, la aportación en Puente Navarro que da MOPU - MAPA (1986) debería ser mayor para que cuadrara con los 19 hm^3 que da de descarga en las Tablas hasta Puente Navarro, con los 25 hm^3 del SGOP. Si además tenemos en cuenta que MOPU - MAPA (1986) no considera extracciones por bombeos, la diferencia de la descarga subterránea en los balance sería todavía mayor. MOPU - MAPA (1986) no considera los bombeos para regadío atribuyendo que se econtraban por debajo de Puente Navarro. Esto no es cierto, y de hecho en el propio informe SGOP (12/83) (fig. 2.5), se indica que la máxima extracción corresponde al riego de maíz y de remolacha en la zona localizada junto al PNTD, a la altura del centro de recepción (mitad del PNTD).

4. Al revisar el balance MOPU - MAPA (1986) y la comparación (ver apartado 7.2 Tomo II, anejo 1) que en este mismo trabajo se hacía con el dado en SGOP (12/83), da la impresión que se ha cometido una interpretación errónea en la definición de las zonas de aplicación que intervienen en ambos balances, y que ha dado lugar a errores conceptuales en la elaboración de los datos, que por tanto según nuestro punto de vista no es un balance de mucha validez.

Del mismo modo que se indicaba al comentar el balance del SGOP (12/83), para el balance de MOPU - MAPA (1986) son válidas las mismas ideas que apuntábamos antes referentes a las aportaciones superficiales del Cigüela y a los valores de evaporación.

iii.- Balance según García y Llamas (1993a)

En García y Llamas, (1993a) se hace un balance hídrico del PNTD en régimen natural (fig. 3.5.zc,a y cuadro 3) que difiere sensiblemente del que se daba en SGOP, (1983) y EPTISA, (1986). Este balance es muy general y esta elaborado utilizando cifras de trabajos anteriores. Su intención es mostrar que los términos que intervienen pueden tener rangos muy variables. Se incluye una zona más amplia y permiten explicar el funcionamiento del PNTD para distintas épocas del año

Cuadro 3.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | | <u>Salidas</u> | |
|------------------|---------|-------------------|--------|
| Lluvia: | 6 -8 | Evaporación: | 9 - 15 |
| Ap. superficial: | 210 | Sal. superficial: | 240 |
| Ap. subterránea: | 30 - 40 | Regadíos: | 11 |
| Total: | 260 | Total: | 260 |

3.5.4.3.- Balance hídrico del PNTD en régimen perturbado

i.- Balance según SGOP (12/83)

En SGOP (1983) se hacía un balance con las previsiones futuras del PNTD, según las cifras del cuadro 4:

Cuadro 4.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | | <u>Salidas</u> | |
|------------------|-----|-------------------|-----|
| Lluvia: | 6 | Evaporación: | 10 |
| Ap. superficial: | 124 | Sal. superficial: | 88 |
| | | Infiltración: | 32 |
| Total: | 130 | Total: | 130 |

En este balance se consideraron las siguientes premisas:

- Se escoge un año de probabilidad media en pluviometría y aportaciones superficiales a Las Tablas.
- Las Tablas no reciben aportación subterránea en ningún periodo del año.
- Se estima una infiltración comprendida entre 15 y 40 hm³/año y se indica que su cálculo con más precisión requeriría realizar una experiencia piloto.

Los términos del balance empleados son los siguientes:

Entradas:

- Precipitación. Se toman las medias de la estación de Ciudad Real (1931 - 1960) y se considera lluvia caída sobre 2.000 ha encharcadas en época húmeda (diciembre - mayo) seis meses y sobre 1.000 ha en época seca (junio - noviembre). Las entradas suponen 5 y 1 hm³ respectivamente.
- Aportaciones superficiales. 1) Las aportaciones superficiales del Cigüela (90 hm³/año) y del Azuer (22 hm³/año) corresponden a las medidas del año de probabilidad media en las estaciones E.203 (Cigüela) y E.102 (Azuer). 2) Las

aportaciones de arroyos de la zona norte se estimaba igual que en el balance de 1973/74. 3) El Guadiana aguas arriba de su confluencia con el Azuer permanecería seco y el los aportes de este río en Molino Molemocho serían de los 22 hm³ correspondientes al Azuer.

En este informe se decía que las estimaciones de las aportaciones eran por exceso, y que podrían verse disminuidas en el futuro por aprovechamientos de aguas arriba. En efecto, parece muy optimista la cifra de 22 hm³ procedentes del Azuer, si tenemos en cuenta que desde su confluencia con el río Guadiana hasta Molino de Molemocho, tenía que recorrer 9 km de río seco (colgado sobre el acuífero) muy permeable (calizas karstificadas), que haría que se infiltrase casi todo en ese tramo.

Salidas:

-Evaporación. Considera la media de la medida en las propias Tablas entre 1960-1980, siendo de 4 y de 6 hm³ en la época húmeda y seca respectivamente.

- Infiltración. Se consideraba con los supuestos anteriores de unos 32 hm³ ; 20 hm³ en la época húmeda y 12 hm³ en la seca.

- Salidas superficiales. Se obtenían por diferencia entre las entradas y la evaporación e infiltración. Daban valores de 88 hm³ (73 y 15 hm³ respectivamente).

El balance futuro que se hacía en SGOP (1983), concluía con el siguiente pronóstico sucesivo en el supuesto de que no se emprendiera ningún tipo de acción inmediata: a) Durante algunos años Las Tablas sólo tendrán agua en cantidad suficiente para el soporte de la avifauna en los meses de enero a junio aproximadamente y b) Años después, de continuar el descenso del nivel del agua bajo la laguna, Las Tablas sólo tendrán agua durante las avenidas del río Cigüela (que se producen sólo en algunos meses húmedos), permaneciendo

secas durante el resto del año.

Consideraciones al balance futuro del SGOP (12/83)

1. Las aportaciones superficiales del Cigüela parecen sobreestimadas, si consideramos que en régimen perturbado el tramo de dicho río entre la E.203 (Buenavista) y Las Tablas de Daimiel es muy permeable, y al quedar desconectado del acuífero por los bombeos en la zona, actuará como zona de infiltración. Es posible que este razonamiento que actualmente es evidente, no lo fuera hace 13 años cuando se realizó el balance.

2. Las aportaciones superficiales del Azuer parecen también sobreestimadas por lo comentado anteriormente. Posiblemente en condiciones del Guadina seco, el Azuer se infiltraría casi completamente antes de la confluencia con Las Tablas.

3. La precipitación debería considerarse la misma que la tomada en el año 1973/74, es decir con la estación de Villarrubia de los Ojos y no con la de Ciudad Real, aunque este cambio no tenga excesiva incidencia. Además, la serie de años considerada (1931 - 1960) de C.Real, corresponde a un periodo mayormente seco (y no medio) según puede verse en la fig. 2.1.f.

4. La evaporación y evapotranspiración parecen estar subestimadas, según se comentó al tratar el balance en régimen natural.

5. La infiltración está fijada a "ojo", y se utiliza como término del balance para el cálculo del drenaje superficial. Según esto da la impresión que de igual modo se podría haber fijado la salida superficial y haber calculado la infiltración obteniendo valores mucho mayores. Este último punto hace que el balance sea totalmente cuestionable. En efecto, el cálculo de la infiltración requiere medidas más precisas, lo que una vez más vuelve a indicar la necesidad de investigar en esta línea para hacer un balance real.

Según los cinco puntos tratados, habría varias posibilidades de efectuar el balance futuro que se daba en SGOP (12/83), de las que a continuación mostramos, a modo de ejemplo, una de ellas (cuadro 5):

Cuadro 5.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | <u>Salidas</u> |
|----------------------|----------------------|
| Lluvia: 6 | Evaporación: 15 |
| Ap. superficial: 100 | Sal. superficial: 30 |
| | Infiltración: 61 |
| Total: 106 | Total: 106 |

Según este posible balance, si suponemos que las aportaciones superficiales se vieran disminuidas, parece razonable pensar que la infiltración se mantendría más o menos constante y que sería la salida superficial en Puente Navarro la que disminuiría. A pesar de que se trata de un balance hipotético, parece que se ajusta más a la realidad actual que el que se daba en SGOP (12/83).

El hecho de que el SGOP (12/83) hiciera un balance estimando la infiltración a la baja, puede deberse bien a un hecho casual, o podría significar el dar unas esperanzas de futura regeneración con aportes externos, que en cambio sería implantable con el balance que nosotros acabamos de mostrar (cuadro 5).

ii.- Balance según MOPU - MAPA (1986)

En el trabajo de MOPU - MAPA (1986) se realizaban unos balances previsibles futuros a nivel mensual en los supuestos de año seco, medio y húmedo con las siguientes alternativas para cada caso:

1. Se mantiene durante todo el año las aportaciones del año medio en las estaciones de aforo E.203 (Buenavista) en el río Cigüela, y en la E.102 en el río Azuer en Daimiel, y se mantiene una salida en Puente Navarro de $0,5 \text{ m}^3/\text{seg}$.

2. Se anulan las aportaciones del Záncara - Cigüela y Azuer - Guadiana en el semestre de riegos (mayo - octubre) y se mantiene un caudal mínimo de salida en Puente Navarro de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($14 \text{ hm}^3/\text{año}$). Las entradas mensuales en los meses restantes se consideran las correspondientes al tipo de año seco, medio o húmedo de las estaciones 203 y 102.

3. Se anulan totalmente las aportaciones del Záncara- Cigüela y se mantiene un caudal mínimo de salida de $0,250 \text{ m}^3/\text{s}$ ($7 \text{ hm}^3/\text{año}$).

4. Igual que la segunda pero con caudal de salida en Puente Navarro de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3 \text{ hm}^3/\text{año}$).

Para las cuatro situaciones se suponían: 1) Las aportaciones de agua subterránea a Las Tablas eran nulas, ya que para esas fechas estaban desconectadas del acuífero, 2) Las aportaciones de lluvia se calculaban igual que en el balance realizado para el año 1973/74, 3) La evaporación se calculaba aplicando la evaporación del año medio a la superficie encharcada en cada mes y para cada uno de los niveles mínimo, óptimo o máximo, 4) La aportación por arroyos se calculaba aplicando un coeficiente de escorrentía del 5% sobre una cuenca de 500 km^2 . 5) La infiltración se calculaba suponiendo Las Tablas colgadas y aplicando una permeabilidad de $6 \times 10^{-3} \text{ m/día}$ a la superficie encharcada de cada mes.

Los resultados obtenidos en dichos balances (pp. 25 de la Memoria), definían las aportaciones exteriores necesarias para las distintas alternativas, según el tipo de año y el nivel de encharcamiento de la laguna:

Alternativa 1:

En este supuesto se obtiene que para mantener el nivel mínimo se requieren $1,4 \text{ hm}^3$ en los meses de agosto y septiembre. Para alcanzar el nivel óptimo el aporte exterior tiene que ser de $2,9 \text{ hm}^3$ repartidos en los mismos meses, y el nivel máximo necesita $5,4 \text{ hm}^3$ en septiembre.

Alternativa 2:

- Año seco y nivel mínimo: 16 hm^3
- Año seco y nivel óptimo: 21 hm^3
- Año medio y nivel mínimo: 14 hm^3
- Año medio y nivel óptimo: 18 hm^3
- Año húmedo y nivel mínimo: 14 hm^3
- Año húmedo y nivel óptimo: 18 hm^3

Alternativa 3:

- Año seco y nivel mínimo: 20 hm^3
- Año seco y nivel óptimo: 28 hm^3
- Año medio y nivel mínimo: 17 hm^3
- Año medio y nivel óptimo: 25 hm^3
- Año húmedo y nivel mínimo: 15 hm^3
- Año húmedo y nivel óptimo: 22 hm^3

Alternativa 4:

- Año seco y nivel mínimo: 15 hm^3
- Año seco y nivel óptimo: 23 hm^3
- Año medio y nivel mínimo: 12 hm^3
- Año medio y nivel óptimo: 20 hm^3
- Año húmedo y nivel mínimo: 11 hm^3
- Año húmedo y nivel óptimo: 18 hm^3

Para mantener los niveles mínimos en el año seco (600 ha inundadas) de la alternativa 4, el aporte necesario que calculaba MOPU - MAPA (1986) indicaba que debía de ser de $15 \text{ hm}^3/\text{año}$. Esta aportación junto con la procedente de precipitación y escorrentía superficial de los arroyos supone unas entradas totales de $30,7 \text{ hm}^3$. El volumen medio de agua almacenada en Las Tablas en el supuesto de niveles mínimos que calcula MOPU - MAPA es de $4,4 \text{ hm}^3$, por lo que las aportaciones anuales de 30 hm^3 , 7 veces superiores al volumen medio anual, puedan considerarse como una aportación razonable que permita una renovación del agua aceptable. Concluía que tanto en los años secos como en los que se anulasen totalmente las aportaciones del Cigüela, habría que mantener los niveles mínimos en el Parque, y durante los años medios o húmedos se trataría de alcanzar los niveles óptimos. En estos supuestos, EPTISA calculaba que la aportación de agua necesaria para mantener dichos niveles en el Parque, oscilarían entre $15 \text{ hm}^3/\text{año}$ y $25 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Consideraciones a los balances futuros del MOPU - MAPA (1986)

Una vez revisados los balances que se realizan en MOPU - MAPA (1986) para una situación futura, cabe hacer las siguientes puntualizaciones para mejorar la interpretación del funcionamiento hídrico de Las Tablas.

Este trabajo supone un gran avance en el conocimiento del funcionamiento hídrico del PNTD, al realizar balances mensuales, así como por la metodología de trabajo, donde se establecían las curvas de relación "superficie inundada - cota del agua" y "cota del agua - volumen embalsado" (Tabla 3.5.12). La mayor parte de los términos que intervienen en el balance parecen apropiados, aunque como en todo trabajo podrían tener valores sensiblemente diferentes aplicando criterios distintos. Ahora bien, sí consideramos muy cuestionables los valores que se asignan a las aportaciones superficiales (E. 102 y E.203) y a la infiltración en la laguna, términos que tienen una relevancia absoluta en los balances, con los cuales estamos en desacuerdo.

1. Por una parte, en la realización de todos los balances que se hacen para distintos años , secos, medios y húmedos, se consideran las aportaciones en las estaciones E. 102 del Azuer en Daimiel y en la E. 203 (Buenavista) del Cigüela.

Para las fechas de realización del balance Las Tablas ya estaban desconectadas del acuífero, y en buena parte también el Guadiana en la proximidades de Molino Molemocho. De hecho, en la Memoria del propio informe MOPU - MAPA (1986), pag. 8, se dice que el río Guadiana había permanecido seco por primera vez en los veranos de 1984, 1985 y 1986. En esa misma página 8, se reconoce que el caudal que pasaba en mayo de 1986 por Daimiel (E. 102) era mayor que el que circulaba por Molino de Molemocho. Así pues se admitía el carácter perdedor del tramo Azuer (en Daimiel) y Guadiana en Molemocho. Llama la atención que admitiendo este hecho, en los balances que realiza con posterioridad asigne como entrada superficial al PNTD las medidas en la E. 102 (Azuer en Daimiel).

Este hecho se ha podido constatar recientemente (17/II/96) tras las fuertes lluvias caídas durante los meses de diciembre 1995 y enero 1996, cuando el río Azuer que permanecía seco desde hace varios años, ha llegado a traer un caudal aproximado de $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ a su paso por Daimiel. A 1km después de su confluencia con el Guadiana, antes de molino de Griñon, este río desaparece de repente infiltrándose en una sima (fig. 3.5.zb).

Por otra parte, tal como se dijo en apartados anteriores, la estación de Buenavista se sitúa unos 30 km aguas arriba del PNTD, y parece razonable que en régimen perturbado el río Cigüela fuera perdedor en ese tramo, siendo por tanto los caudales de entrada al parque también menores.

2. La infiltración asignada a cada mes en los balances supone una permeabilidad homogénea en la laguna de $6 \times 10^{-3} \text{ m/día}$. El origen de este valor no se justifica adecuadamente. En principio, no resulta una permeabilidad

inadecuada para alguna zona en concreto, pero si lo es si se considera para toda la laguna. El carácter kárstico de Las Tablas, mayormente en la mitad SW (zona de restauración), confiere al fondo de la laguna permeabilidades que con facilidad pueden ser entre 2 y 100 veces superior a la considerada.

De hecho, en el informe del SGOP (09/82) se realizaron ensayos de permeabilidad a distintas profundidades, con objeto del estudio para la construcción de la presa de Puente Navarro. Para los niveles de limos más superficiales, se obtenían permeabilidades "in situ", de unos 10^{-3} cm/seg (unos 0,8 m/día). En las conclusiones de dicho informe (pag. 17 y 18), se resumían los valores de permeabilidad obtenidos de los sondeos a distintas profundidades, dando los siguientes resultados de techo a muro: 1) nivel de limos con potencia entre 3 y 7 m y una permeabilidad de 10^{-3} cm/seg, 2) nivel arenoso y arcilloso de 4 y 5 m de potencia con una permeabilidad de 10^{-3} y 10^{-4} cm/seg, 3) margas, calizas, arcillas y yesos que aparecen entre los 8 y 12 m de profundidad, con una permeabilidad que oscila entre 10^{-3} y 10^{-7} cm/seg.

A la vista de estos resultados, carece de sentido físico los balance del MOPU - MAPA (1986) que se efectuaron aplicando una permeabilidad constante tan baja 6×10^{-3} m/día. Resulta extraño que en el propio trabajo MOPU - MAPA (1986) no se haga referencia a los numerosos datos de permeabilidades que se reflejaban en el estudio SGOP (09/82).

Desde nuestro punto de vista un balance adecuado para el fin que se perseguía en este informe, consistiría en haber dado diferentes valores de permeabilidad, bien por zonas o de modo homogéneo a toda la laguna. Así pues, por ejemplo, si consideramos una permeabilidad del doble, la infiltración sería también el doble para cada balance realizado, y por tanto las aportaciones hídricas exteriores requeridas (recordamos que era la incógnita de los balances de MOPU - MAPA, 1986) serían también proporcionales.

A modo de resumen, indicar que el trabajo analizado parte de unas base

adecuadas (dentro de los medios disponibles en esas fecha), pero considera dos de los términos de forma inadecuada; aportaciones superficiales y en mayor medida la infiltración. El no haber utilizado otras cifras de permeabilidad con rangos mayores (como corresponde a la realidad física), hace que este balance desde nuestro punto de vista sea totalmente inválido para los objetivos que estaba enfocado.

Así pues, los resultados de este estudio definen unas aportaciones que se deberían traer con la puesta en funcionamiento del Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, muy pequeñas y que no corresponden a la realidad física. Las previsiones que se hicieron fueron un fracaso, y se podrían haber evitado teniendo en cuenta las consideraciones que hacíamos antes, donde se pone de manifiesto que las aportaciones deberían ser mucho mayores, y posiblemente inviable para traer desde el Acueducto Tajo - Segura.

iiii.- Balances del SGOP (6/88 - 3/93)

Con objeto del control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo- Segura con destino a Las Tablas de Daimiel, el SGOP elabora los siguientes informes : 06/88, 11/88, 09/89, 09/90 y 03/93. En este apartado se comentarán las características más relevantes de dichos informes en relación con el balance hídrico del PNTD.

El cálculo de la superficie de inundación para cada periodo que se considera en estos trabajos, se calcula a partir de la cota del agua en las cuatro escalas del PNTD (pp. 2 SGOP 06/88), consideradas por MOPU - MAPA (1986). En estos trabajos no se presenta ninguna curva que relacione la cota del agua en las escalas con la superficie de encharcamiento, por lo que suponemos que utilizan la establecida por MOPU - MAPA (1986). Como veremos más adelante, las superficies que establece el SGOP en estos informes, no queda claro de donde se obtienen. A modo de comprobación, hemos calculado la superficie

inundada (noviembre 1988 - junio 1989) con los niveles de las escalas de SGOP (09/89) y la curva MOPU - MAPA (1986) (tabla 3.5.12), y hemos obtenido superficies significativas inferiores a las que se daba en los trabajos del SGOP.

Por otra parte, las entradas superficiales se consideran las aforadas en la estación de Villarrubia (E.204), unos 5 km aguas arriba del PNTD. Como ya indicamos anteriormente, en el tramo comprendido entre la E.204 y el PNTD, el río es perdedor y las aportaciones reales de entrada también deben ser inferiores. Quizás esta sea la razón de que en los balances mensuales que realiza el SGOP considere superficies encharcadas superiores a las obtenidas según MOPU - MAPA, considerando aportaciones en hm^3 y no cotas del agua.

En el primer informe SGOP (06/88) se indica que durante los 67 días que duró el primer trasvase de 12 hm^3 (entre 29/II/88 y 5/V/88), Las Tablas recibieron 14 hm^3 , viéndose incrementada por las aportaciones naturales del río Cigüela.

Según la directora del Parque el 29 de febrero de 1988 Las Tablas tenían 400 ha (pp. 23 SGOP 06/88), alcanzándose un máximo en el mes de abril con una altura de 34 cm (ver fig. 3.5.zd,a) en la escala de Embarcadero (cota absoluta del agua 607,1). Según este informe (pp. 1) la superficie equivalente a esta altura del agua era de 1.500 ha. Según la tabla 3.5.12 de MOPU - MAPA (1986) se puede ver que la superficie que corresponde a esta cota puede oscilar entre 1.100 y 1.200 ha según las décimas. En los sucesivos informes del SGOP se irán cometiendo los mismos desfases en la relación cota del agua - superficie encharcada, sin que se justifique en ninguna parte.

Nosotros suponemos, a falta de trabajos posteriores de mayor rigor, que la curva de cálculo de la superficie inundada más fiable corresponde a MOPU - MAPA (1986), y será la que utilizaremos en la crítica de los balances. Somos conscientes que usar esta curva para trabajos posteriores a 1986 no es muy adecuado, debido a los cambios que puede haber experimentado la topografía del fondo de la laguna, los cambios por crecimiento de la vegetación, y

principalmente el efecto derivado de la construcción del dique interior al parque "Presa del Morenillo" (fig. 3.5.zb).

En el informe SGOP (06/88) se dan datos diarios de los niveles en las escalas (no se incluye la curva de superficie inundada equivalente), pero no los caudales de entrada detallados al parque, imposibilitando una reelabotación del balance.

El segundo informe SGOP (11/88) continúa con el control de los niveles en las escalas del parque entre marzo y septiembre de 1988. Según este informe la máxima superficie se alcanzó en mayo con 1.500 ha. No se dice como se obtiene esa superficie, que no se corresponde con la de los niveles en las escalas (fig. 3.5.zd,b). Continúan las mismas incertidumbres que en el informe anterior.

La segunda etapa de derivación de caudales con destino al PNTD se inició el 15 de marzo de 1989 y finalizó el 30 de junio con un volumen total derivado de 13,3 hm³. Los resultados de esta fase se recogen en el informe SGOP (09/89).

Hemos optado por considerar este informe como el más representativo (más incluso que los sucesivos) para calcular la infiltración de la laguna, a partir del balance mensual que realiza y de otro nuevo que hacemos nosotros. La elección del periodo (XI/88 - VI/89) que se estudia en dicho informe se debe a: 1) corresponde al periodo más largo de tiempo en el que se mantiene una mayor superficie de inundación, 2) corresponde a un año medio en cuanto a las precipitaciones (tabla 2.1.1) y 3) no se suponen aportaciones por bombeos de pozos del propio parque, cuya estimación parece estar poco cuantificada pudiendo llevar a errores (ver informe SGOP 03/93).

En la tabla 3.5.13 se presenta el balance hídrico mensual del PNTD entre X/88 y VI/89, según SGOP 09/89. Los niveles en las escalas que se presentaban en dicho trabajo pueden verse en la fig 3.5.ze.

En el análisis de este balance chocamos con el mismo problema que en casos anteriores, ya que no se corresponden las superficies de encharcamiento de cada mes con las que se obtienen de los niveles en las escalas y de la tabla 3.5.12 MOPU - MAPA (1986). La evolución de la superficie inundada que se daba en SGOP (09/89) es la siguiente (cuadro 6):

Cuadro 6.- Evolución de la superficie inundada en el PNTD

| <u>Fecha</u> | <u>Superficie (ha)</u> |
|--------------|------------------------|
| 4/XI/88 | 840 |
| 22/XI/88 | 900 |
| 18/XII/88 | 1.220 |
| Enero/89 | 1.430 |
| 28/II/89 | 1.560 |
| 19/IV/89 | 1.570 |
| Mayo/89 | 1.600 |
| Junio/89 | 1.640 |

Las superficies de encharcamiento obtenidas por nosotros a partir de la evolución en las escalas presentadas en ese informe y la tablas de correspondencia del MOPU - MAPA tabla 3.5.12 puede verse en el cuadro 7:

Cuadro 7.-

| <u>Fecha</u> | <u>Cota agua en Embarcadero</u> | <u>Sup. inund. (ha)</u> | <u>Vol. almac. (hm³)</u> |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 1/XI/88 | 606,65 | 740 - 760 | 3,5 |
| 1/XII/88 | 606,94 | 950 - 970 | 5,4 |
| 1/I/89 | 606,95 | 960 - 980 | 5,5 |
| 1/II/89 | 606,98 | 980 - 1.000 | 5,7 |
| 1/III/89 | 607,04 | 1.070 - 1.08 | 5,9 |
| 1/IV/89 | 607,09 | 1.090 - 1.100 | 6,7 |
| 1/V/89 | 607,15 | 1.140 - 1.160 | 7,2 |
| 1/VI/89 | 607,22 | 1.210 - 1220 | 7,9 |
| 1/VII/89 | 607,09 | 1.090 - 1.100 | 5,95 |

Estos valores son sólo una aproximación debido a que la tabla 3.5.12 MOPU - MAPA (1986) sólo presenta un decimal. Los datos intermedios que mostramos están extrapolados.

Al comparar las superficies de inundación obtenidas por nosotros con las que daba SGOP (09/89), vemos que éste supone siempre una superficie que varía entre 200 y 500 ha más de las que se obtienen por las escalas. La sobreestimación de la superficie inundada puede ser una de las razones por la cual el balance que hacen no sea muy correcto, ya que la infiltración que calculan para las ha que suponen, en realidad corresponde a una superficie encharcada inferior, y por ello la infiltración real correspondiente a la superficie que el SGOP asigna, debe ser bastante mayor.

El balance de la tabla 3.5.13 del SGOP concluye con una infiltración en el periodo octubre 1988 a junio de 1989 de 20,6 hm³. Con sus propios datos, esta cifra que parece llevar a la conclusión de que la infiltración anual se encuentra dentro de los 30 hm³/año, fijados por la ley, pudiendo ser en realidad muy superiores como veremos. Así pues, si consideramos que la mínima superficie inundada del periodo analizado es de 900 ha (XI/88) y que la infiltración es de 1,4

hm³ en ese mes, si suponemos que se mantiene esa superficie todo el año la infiltración anual sería de $1,4 \times 12 \text{ meses} = 16,8 \text{ hm}^3$. Para el mes de máxima inundación de 1.600 ha (mayo de 1989) la infiltración que calcula es de $3,9 \text{ hm}^3$, que si se mantuviera todo el año supondría $46,8 \text{ hm}^3/\text{año}$. Por esta misma relación, en el caso hipotético de un máximo de 1.800 ha la infiltración anual sería de $52,6 \text{ hm}^3/\text{año}$. Ahora bien, las cifras de infiltración parecen ser todavía superiores si tenemos en cuenta, según se comentó, que la superficie real inundada para cada mes es en realidad inferior.

Con objeto de cuantificar en la medida de lo posible la infiltración (incógnita) del PNTD, en la tabla 3.5.14 mostramos un balance alternativo al del SGOP (09/89) realizado con las siguientes particularidades: 1) El almacén inicial y final en cada mes lo calculamos a partir de los niveles en las escalas del informe SGOP (09/89) (fig. 3.5.ze) y de la tabla 3.5.12 del MOPU - MAPA (1986), 2) el balance lo aplicamos entre noviembre de 1988 y junio de 1989 y no desde octubre debido a que en el informe SGOP (09/89) no se tienen datos de la escala de Embarcadero para ese mes, 3) el resto de los parámetros los mantenemos según SGOP (09/89), que según hemos podido comprobar, dan unas cifras coherentes.

La infiltración total obtenida de este balance (tabla 3.5.14) para el periodo noviembre 1988 - junio 1989 es de $22,7 \text{ hm}^3$ frente a los $18,8$ que obtenía el SGOP (09/89), es decir, $3,9 \text{ hm}^3$ más en ocho meses. Si hacemos un análisis como anteriormente, en diciembre la superficie era de 960 ha y la infiltración $3,7 \text{ hm}^3$, suponiendo unos $44 \text{ hm}^3/\text{año}$, cifra que choca fuertemente con la obtenida para el mes de noviembre (900 ha) del balance del SGOP de $16,8 \text{ hm}^3$. En enero de 1989 la superficie obtenida por nosotros era de 970 ha y la infiltración calculada de $3,3 \text{ hm}^3$, es decir, si se mantuviera esa superficie todo el año la infiltración sería $3,3 \times 12 \text{ meses} = 39,6 \text{ hm}^3$, de igual modo, en mayo para una superficie de 1.150 ha la infiltración anual sería de $50,4 \text{ hm}^3$. En junio de 1989 la superficie era de 1.200 ha y la infiltración de $3,05 \text{ hm}^3$, suponiendo esta superficie todo el año hacen $36,6 \text{ hm}^3/\text{año}$. Como puede verse no existe una

proporcionalidad entre la superficie de inundación e infiltración, es más, existen lo que pueden parecer incongruencias en el propio balance.

Según los datos disponibles y es muy difícil obtener resultados distintos y fiables que difieran de presentados en el balance del SGOP (09/89) o de la variación que hemos presentado. Mostrar que estos balances son en si mismos muy variables, es quizá la conclusión más importante de la revisión que hemos realizado. En relación con esto podemos hacer las siguientes consideraciones:

1.- La infiltración de la laguna tiene unos valores muy dispares en distintas zonas, y según la geología, parece que la más permeable correspondiente a la denominada "zona de restauración" (fig. 3.5.zb). Esta zona queda cerrada por la presa de Puente Navarro, que tiene una cota de coronación de 606 m y una capacidad máxima de embalse de 200 ha (pp. 12 de la Memoria MOPU - MAPA, 1986).

2.- La "zona de restauración" está independizada de la mitad norte de Las Tablas por un dique interior (presa del Morenillo) que tiene una cota de coronación de 607,60 m. Las cuatro escalas del Parque quedan incluidas aguas arriba del dique y por lo tanto la curva de superficie inundada que se desprenda de su lectura debe estar referida sólo a la mitad norte del parque.

3.- Todos los datos elaborados en los balances existentes parecen estar referidos al nivel de las escalas y de la cubicación del trabajo MOPU - MAPA (1986). En esas fechas todavía no se había construido el dique interior y la topografía del fondo de la laguna era sensiblemente diferente de la actual, como consecuencia de los fuegos, zanjás y subsidencia que ha experimentado en los últimos años.

4.- Cualquier balance que se realice con las premisas físicas de partida y cubicación de la laguna consideradas hasta la fecha no va a permitir obtener resultados fiables. Es más, en trabajos futuros se deberá realizar por separado

un balance para la zona de restauración y otro para la mitad norte del Parque, en cuyos extremos existe una diferencia de cota del lecho de la laguna de seis metros (cota 608 a la entrada del Parque y cota 602 en Puente Navarro).

Los trabajos posteriores del SGOP (09/90) y SGOP (09/93) presentan las mismas inconsistencias que hemos visto hasta ahora, y no los vamos a comentar en esta tesis, ya que las superficies de inundación alcanzadas en esas fechas son inferiores a las del año 1988/89, impidiendo por tanto conocer mejor el cálculo de la infiltración que es el objeto del balance.

iiii.- Balance según Llamas (1989)

En Llamas (1989) se mostraba un balance hídrico del PNTD para una situación futura probable, que difería bastante del previsto por el SGOP (1983) (cuadro 4). Este balance contemplaba la construcción de la presa de Puente Navarro como cierre de Las Tablas y las aportaciones superficiales del Guadiana a Las Tablas se consideraban nulas (cuadro 8).

Cuadro 8.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | <u>Salidas</u> |
|--------------------------|-----------------------|
| Lluvia: 7 | Evaporación: 9 |
| Ap. superficial: 40 - 70 | Infiltración: 40 - 70 |
| | Sal. Superficial: 0 |
| Total: 50 - 80 | Total: 50 - 80 |

Los términos que influyen sobre este balance tienen valores muy diferentes dependiendo de los caudales bombeados desde los pozos en el propio parque y de las aportaciones del río Cigüela tanto naturales como procedentes del Trasvase Tajo- Segura. La infiltración continúa siendo la incógnita, y es muy difícil

cuantificarla pues dependerá de los aportes hídricos que reciba el Parque y de la zona que permanezca inundada en la laguna, que tiene distintas permeabilidades y por lo tanto diferentes rangos de infiltración.

Este balance establecido en 1989 se ajusta bastante a la realidad actual dentro de los datos disponibles, según hemos podido analizar en los apartados anteriores. Posteriormente García y Llamas (1993c) elaboran un nuevo balance muy parecido al apuntado por Llamas (1989), donde se amplía el rango de los términos que intervienen, y se supone una salida en Puente Navarro por agua contaminada (cuadro 9 y fig. 3.5.zc,b).

Cuadro 9.- Balance anual del PNTD (hm³)

| <u>Entradas</u> | | <u>Salidas</u> | |
|------------------|---------|-------------------|---------|
| Lluvia: | 6 - 8 | Evaporación: | 7 - 14 |
| Ap. superficial: | 30 - 80 | Infiltración: | 25 - 70 |
| | | Sal. Superficial: | 0 - 10 |
| Total: | 40 - 90 | Total: | 40 - 90 |

A modo de resumen, parece que los valores de infiltración de la laguna deben ser bastante mayores que los considerados en los trabajos anteriores (cifrados siempre en unos 30 hm³/año). Una prueba de ello es el que a partir de los bombeos de pozos de emergencia (unos 250 l/s; es decir unos 8 hm³/año) (SGOP, 09/90, 03/93) sólo se mantienen inundadas como mucho 50 ha del Parque durante todo el año. Si tenemos en cuenta que la salida superficial en Puente Navarro es nula, algo menos del caudal bombeado correspondería a la infiltración. Según esto, si en 50 ha se infiltran unos 6 hm³, en 500 ha fácilmente se infiltrarían 60 hm³ y en 2.000 ha una cifra mucho mayor. Se entiende que esto es sólo una aproximación ya que no todo el Parque presenta la misma permeabilidad.

Una vez más, puede verse que se impone realizar e invertir dinero por parte de la administración en realizar un estudio serio que permita cuantificar el término de la infiltración, para poder hacer un correcto balance hídrico que permita definir la viabilidad o no viabilidad real del Plan de Regeneración Hídrica u otras actuaciones ya previstas, con objeto de no "tirar" el dinero con experiencias mal diseñadas.

3.5.4.4.- Metodología para realizar un balance hídrico correcto

En el apartado anterior ya exponíamos algunas dificultades que nos han impedido realizar un balance hídrico adecuado. En este apartado se describirá la metodología que se debería seguir para un balance de este tipo, con objeto de que en futuros trabajos, y si la administración pone los medios necesarios, pueda llevarse a cabo y se despejen las dudas existentes hasta hoy día.

Determinación de la zona de aplicación

Se requiere conocer la superficie detallada de aplicación del balance, definiendo el número de hectareas máximo de inundación y la zona aproximada que contribuye a la escorrentía superficial. El mapa base pedría ser a escala 1/10.000

Otro factor que debe conocerse y que está en relación con la superficie inundada es la topografía. Sería deseable contar con mapas a escala 1/5.000 o 1/2.500 con curvas de nivel muy próximas (cada 20 o cada 10 cm), que nos permita establecer una buena relación entre el volumen de agua almacenada y la superficie inundada. Esto tiene mucha importancia en el caso de Las Tablas de Daimiel, debido a los cambios que ha experimentado el fondo de la laguna, bien por subsidencia por la pérdida del agua del suelo y a la quema de turba, o por el crecimiento de vegetación y canalizaciones antrópicas existentes.

Según se trató anteriormente, el balance se debe establecer sobre dos zonas por separado; sobre la mitad norte del PNTD hasta la presa del Morenillo, y desde dicha presa hasta Puente Navarro (zona de restauración).

Escala de tiempo

Los balances deben realizarse con una escala de tiempo lo más corta posible. En el caso de Las Tablas de Daimiel un balance semanal probablemente permitiría obtener buenos resultados, aunque deba tenderse a realizar balances diarios.

Variación del volumen de agua almacenada

Esto es uno de los datos más importantes para cerrar los balances pues nos permiten medir con relativa exactitud la variación en el almacenamiento. Para ello, además de los mapas topográficos antes mencionados se precisa contar con:

- a) Medición en un conjunto de puntos. Pueden servir la mayor parte de las escalas instaladas pero no excluye que haya que instalar alguna más y tener registros continuos (trasductores y data - logger) en , al menos, dos de ellas.
- b) Fotos aéreas o de satélite para control de la superficie inundada.

Entradas de agua

- Precipitación:

Se deberá contar con la precipitación registrada en la estación situada en Las Tablas de Daimiel. La estación de Las Tablas de Daimiel debe ser una estación meteorológica automática o al menos contar con un pluviógrafo.

- Aportes superficiales:

1) Resulta imprescindible realizar los aforos en el río Cigüela a la entrada del PNTD, donde además, el río recibe aportes correspondientes a los residuos líquidos de la localidad de Villarrubia de los Ojos. Aforos en las estaciones 203 (Buenavista) o 204 (Villarrubia de los Ojos), no pueden considerarse como muy significativos al nivel de detalle que se pretende, debido a la gran permeabilidad del río Cigüela en ese tramo, donde se producen grandes pérdidas por infiltración.

2) Los aportes del Guadiana desde los "Ojos" hasta Molino Molemocho, incluyendo el río Azuer, no presenta problemas pues su aportación es nula y según la situación hídrica que tienen es casi imposible que aporten nada, al menos en un periodo de varios años. El cualquier caso, los aforos deberían realizarse en Molino Molemocho y no en Molino Griñon como se hacía antiguamente.

3) Las aportaciones desde arroyos y barrancos en la zona norte del Parque se puede estimar de modo análogo a cómo se ha venido haciendo hasta ahora pero parece conveniente mejorar la estimación de los coeficientes de escorrentía utilizados como base en los propios datos de los futuros balances.

- Aportes subterráneos:

En la actualidad los aportes subterráneos a las Tablas de Daimiel correspondientes a la descarga del acuífero de la Llanura Manchega en su zona de la margen izquierda de Las Tablas de Daimiel son nulos y seguirán siéndolo al menos durante muchos años futuros.

En cambio, merece atención las aportaciones subterráneas desde el borde NW de Las Tablas. Este borde es mucho menos permeable y casi no está afectado por los bombeos del acuífero. Su nivel se debe fundamentalmente a la

recarga directa de la precipitación. Aunque en dicho borde NW actualmente (XII/95) el nivel del agua se encuentra unos dos metros por debajo del fondo de la laguna, es de esperar que tras una serie de años húmedos ese nivel se recupere y descargue, en parte, en Las Tablas, como debía ocurrir hasta hace pocos años. La cuantificación de estos caudales deberá realizarse a partir de la medida de niveles en los piezómetros que ya existen y del gradiente hidráulico y permeabilidad estimada en esas zonas. De todas formas es probable que esas descargas a Las Tablas sean poco relevantes.

Los bombeos desde los pozos de emergencia del propio Parque pueden considerarse también como aportes subterráneos (artificiales). Los datos requeridos de cada uno de los pozos son: localización, parámetros hidráulicos, evolución de niveles y régimen de bombeo (horario). Estos datos fueron solicitados oficialmente al exdirector del ICONA (cf. Llamas, 1994b) y nunca se obtuvo contestación.

Salidas de agua

- Evaporación y evapotranspiración:

La evaporación de lámina libre se puede deducir aproximadamente de los datos de las estaciones meteorológicas mediante fórmulas teóricas y aplicar sobre la superficie real encharcada. Sería interesante volver a utilizar un tanque A que, al parecer, según SGOP (12/83) ya existía en Las Tablas. Además se deberá aplicar la evapotranspiración correspondiente a la vegetación de cada zona, que probablemente sea superior a la evaporación de lámina libre. En los balances anteriores no se consideraba a efectos de evaporación o evapotranspiración las zonas no inundadas. No obstante hay que tener en cuenta que el valor de la evapotranspiración en humedales es un tema sometido a fuerte debate. Será muy conveniente iniciar una investigación sobre este tema de acuerdo con las teorías existentes en Gilman (1993). Dada la importancia de la evapotranspiración y de la evaporación, sería conveniente iniciar también una investigación sobre la

posibilidad de deducir este valor de la imágenes satélite Lansat o Spot.

- Salida superficial en Puente Navarro

Se deberá disponer de los datos de las salidas por las compuertas.

- Infiltración

Este será el parámetro a determinar en el balance. Se deberá estimar independientemente en distintas zonas del Parque, que se definirán teniendo en cuenta los distintos represamientos naturales o artificiales y las distintas litologías del substrato.

Datos de piezómetros

Es importante disponer de los datos tomados de todos los piezómetros existentes, así como de las características de cada piezómetro. Parece imprescindible la instalación de trasductores con registro en data - logger en varios de estos piezómetros. En principio sería necesario instalar además, dos o tres "nuevos piezómetros", es decir piezómetros situados en el mismo lugar pero que tengan su regilla a distintas profundidades.

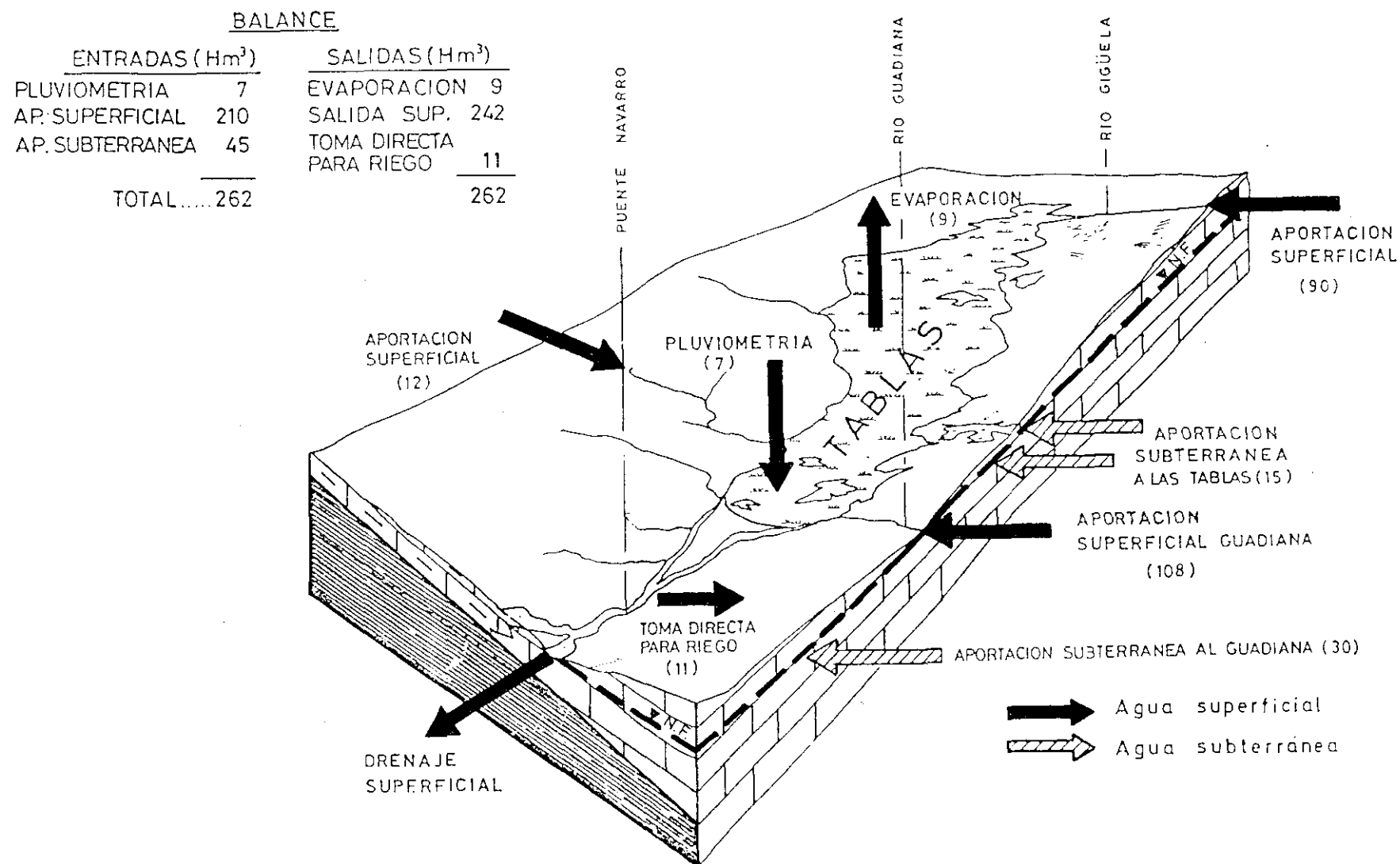


Figura 3.5.zn.- Balance anual de Las Tablas de Daimiel en 1973/74 (según SGOP, 1983)

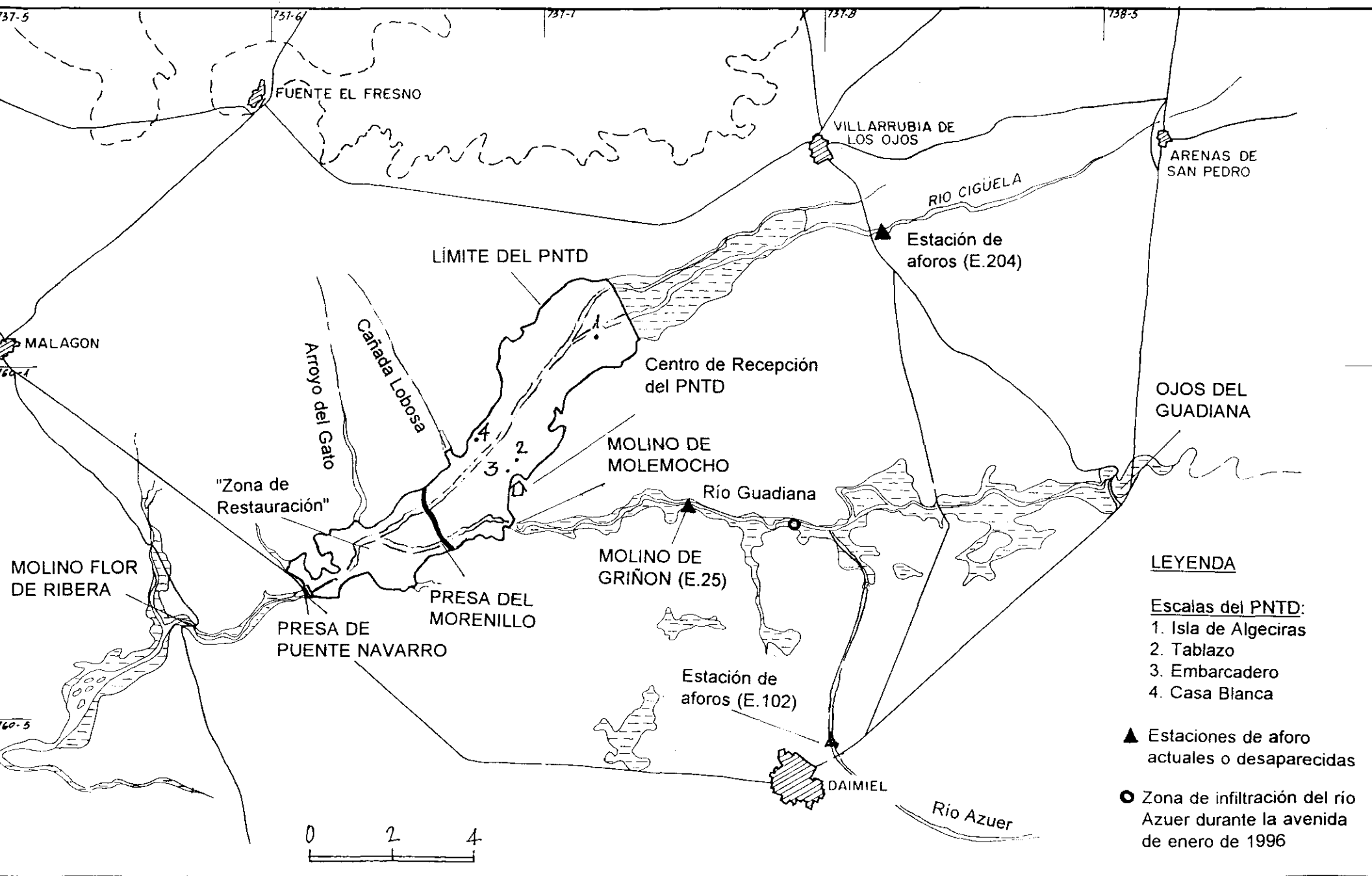


Figura 3.5.zb.- Esquema de Las Tablas de Daimiel y rasgos más característicos de la zona

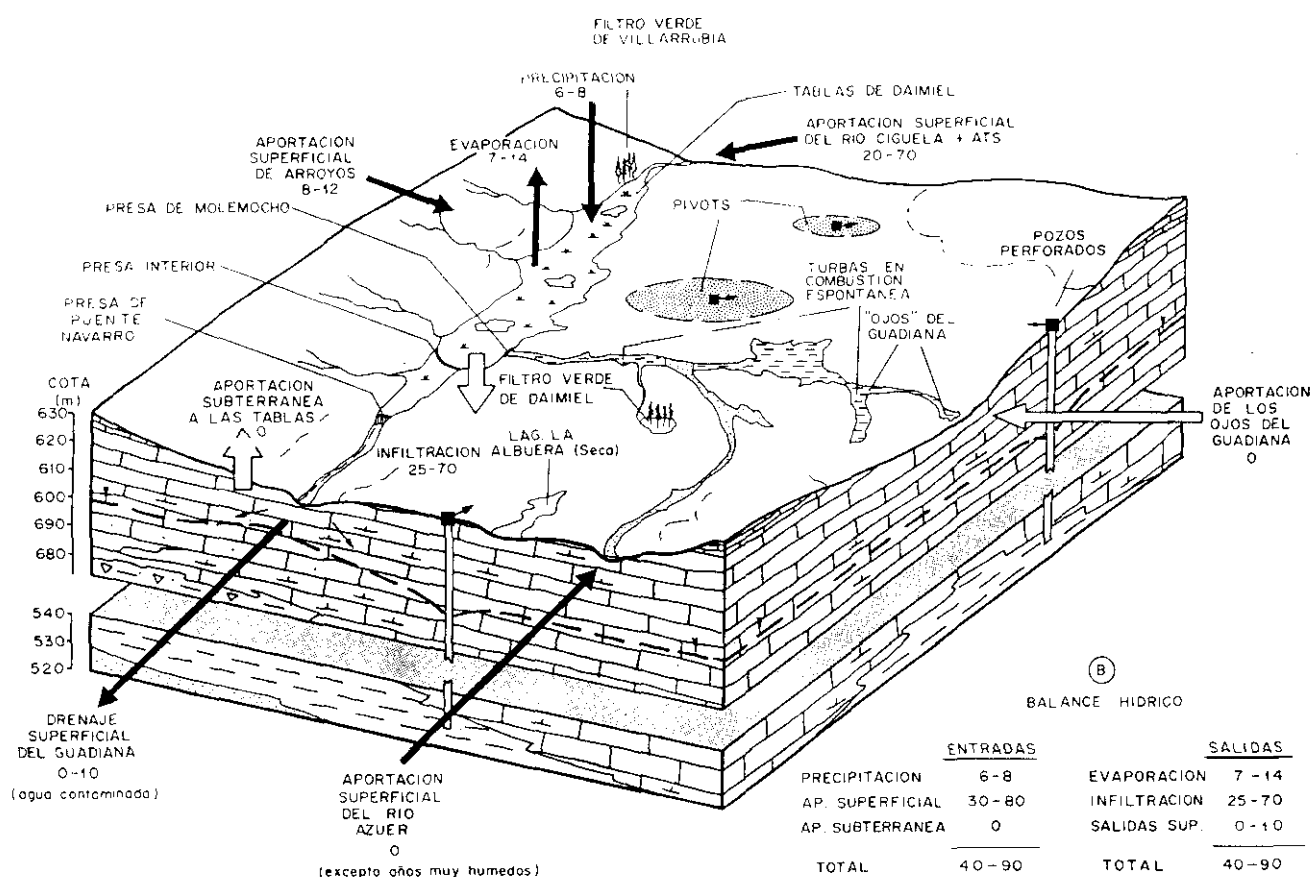
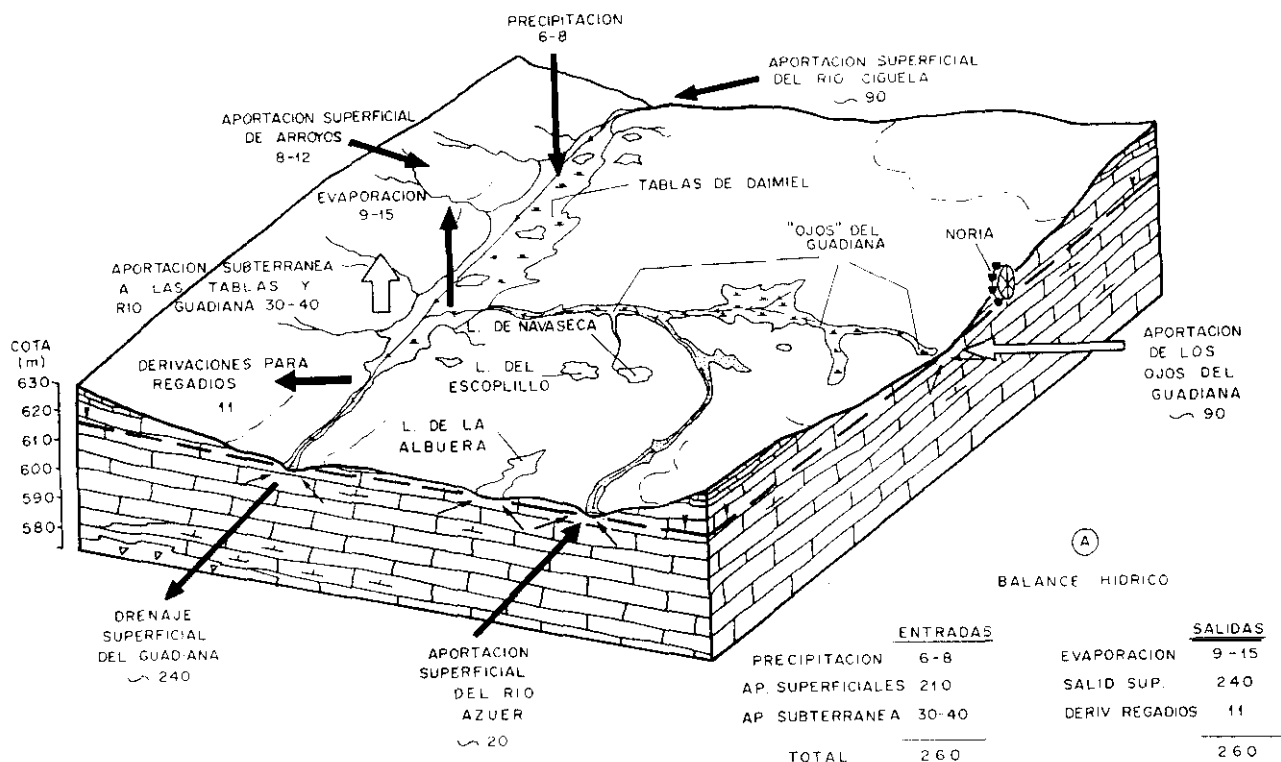


Figura 3.5.zc.- Balance anual de Las Tablas de Daimiel (García y Llamas, 1993c):

a) situación en régimen natural

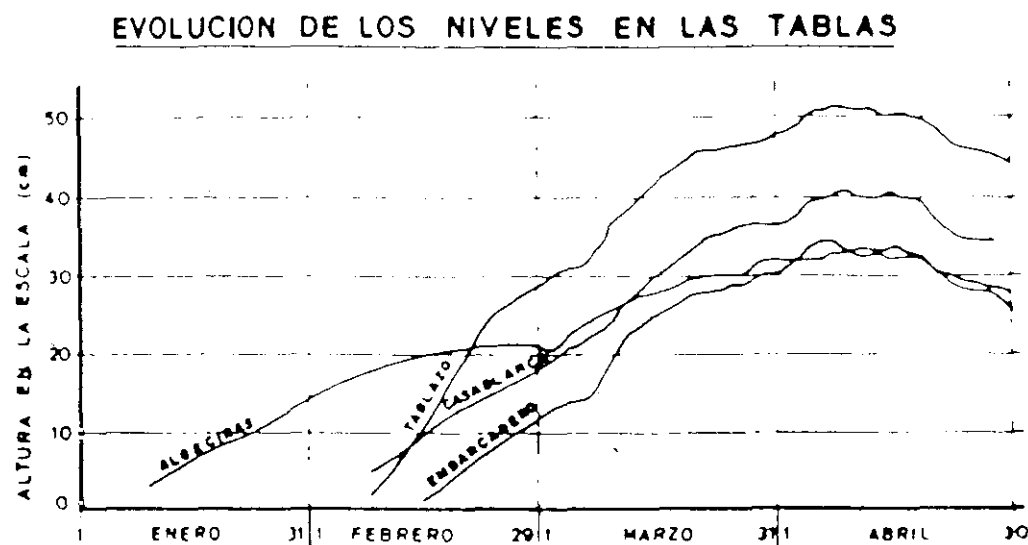
b) situación actual para un año sin precipitaciones extremas

Figura 3.5.zd.-

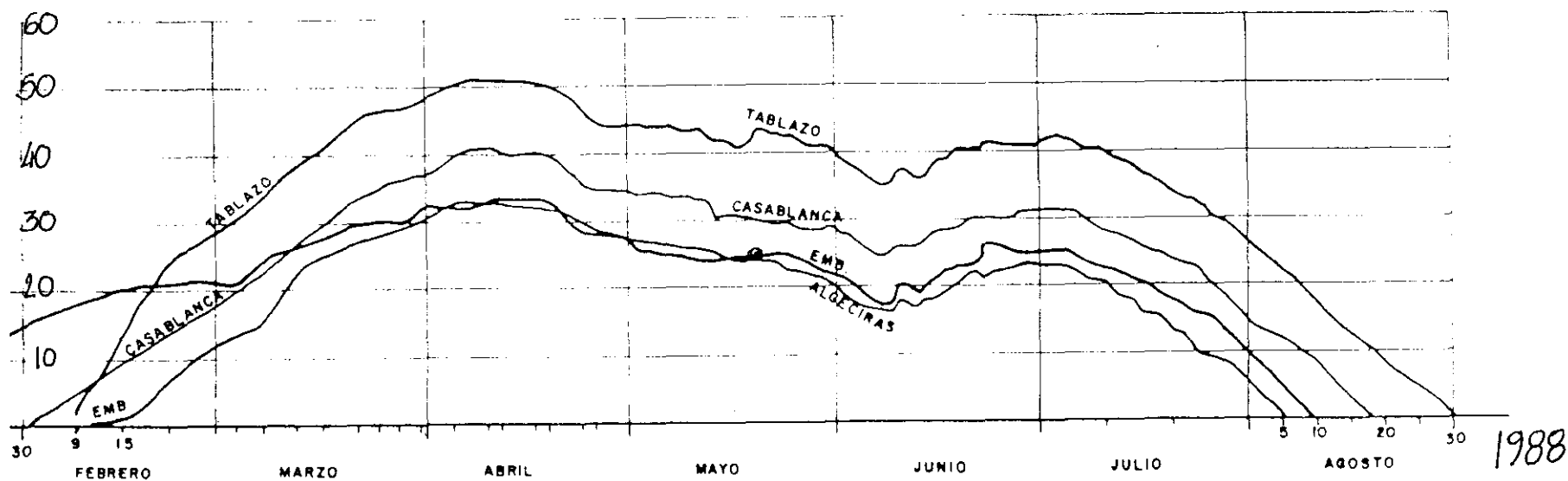
Altura del agua en las escalas del PNTD:

a) Datos SGOP (06/88)

b) Datos SGOP (11/88)



EVOLUCION DE LAS ESCALAS LIMNIMETRICAS
EN EL PARQUE NACIONAL



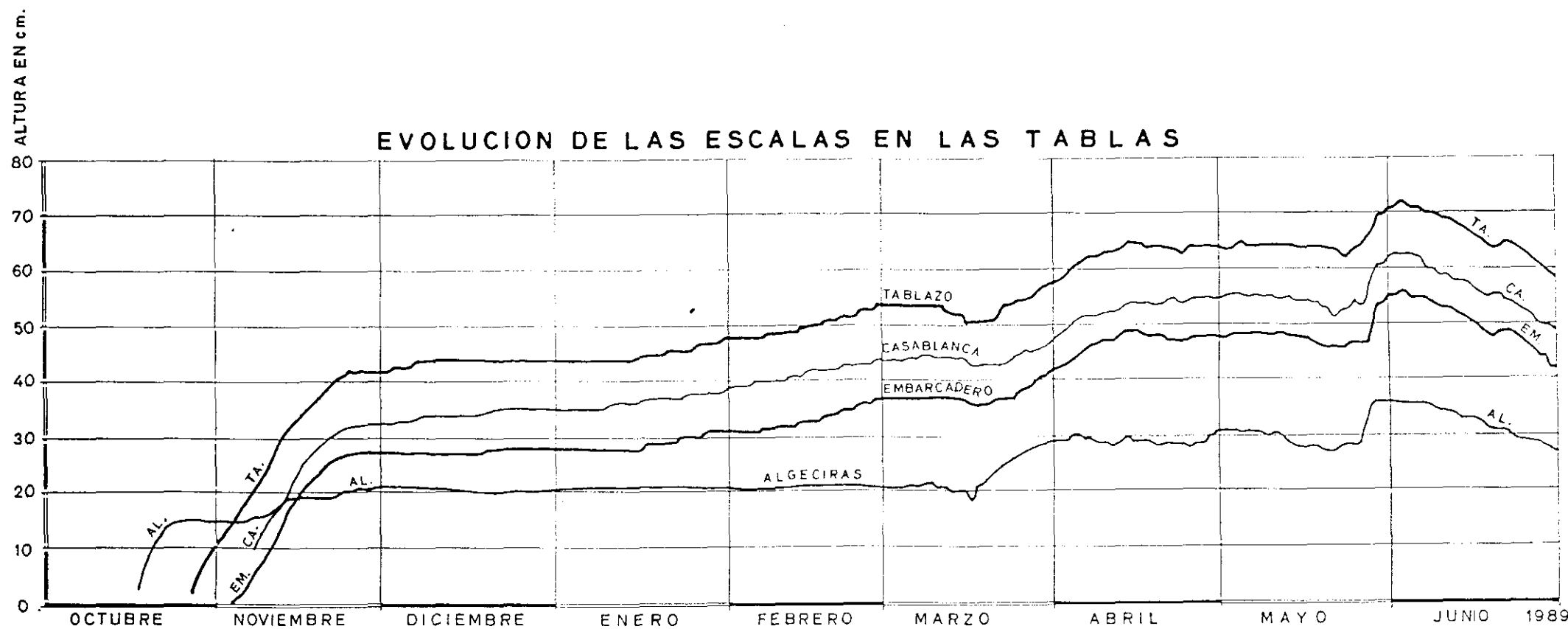


Figura 3.5.ze.- Altura del agua en las escalas del PNTD (SGOP, 09/89)

Tabla 3.5.11.- Balance hídrico mensual del PNTD, año 1973/74 (MOPU - MAPA, 1986)

| 1973/74 | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Anual |
|---------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|--------|
| E.203 | 1.26 | 3.7 | 7.13 | 10.32 | 11.1 | 12.93 | 21.41 | 15.91 | 3.31 | 2.59 | 0.22 | 0 | 89.88 |
| Guad. | 9.59 | 10.63 | 9.37 | 11.78 | 9.1 | 9.7 | 7 | 6.49 | 7.1 | 7.45 | 7.85 | 8.5 | 104.56 |
| Aryos. | 2.63 | 0.28 | 1.16 | 0.19 | 0.88 | 0.68 | 2.68 | 0.4 | 1.63 | 0.2 | 0.13 | 0 | 10.83 |
| Lluvia | 1.05 | 0.22 | 0.93 | 0.15 | 0.7 | 0.54 | 2.14 | 0.16 | 0.65 | 0.08 | 0.05 | 0 | 6.67 |
| EV | 0.66 | 0.43 | 0.28 | 0.33 | 0.44 | 0.73 | 0.98 | 1.19 | 1.45 | 1.65 | 1.47 | 0.85 | 10.45 |
| E.204 | 12.26 | 13.83 | 18.46 | 25.04 | 26.09 | 27.66 | 33.33 | 23.63 | 12.02 | 10.63 | 9.86 | 9.62 | 222.43 |
| Vo | 4.47 | 6.41 | 7.02 | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8.81 | 8.4 | 6.32 | 6.06 | 4.46 | 3.71 | 4.74 |
| Vf | 6.41 | 7.02 | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8.81 | 8.4 | 6.32 | 6.06 | 4.46 | 3.71 | 3.71 | 3.71 |
| D.Sub. | 0.06 | 0.04 | 1.33 | 2.83 | 4.75 | 5.26 | 0.67 | -0.22 | 0.53 | 0.36 | 2.33 | 1.97 | 19.92 |

Donde:

E.203. Aportación superficial del río Cigüela en la estación 203 de Buenavista.

Guad. Aportación superficial del río Guadiana en Molino Griñón.

Aryos. Aportación superficial desde arroyos.

Lluvia: Precipitación.

EV. Evaporación

E.24: Salida superficial de Las Tablas de Daimiel en Puente Navarro.

Vo. Volumen inicial.

Vf. Volumen final

D. Sub. Descarga subterránea en Las Tablas

TABLAS DE DAIMIEL

=====

| COTA (m) | SUP (m2) | VOL (m3) |
|----------|------------|------------|
| ===== | ===== | ===== |
| 604.5 | 0.0 | 0.0 |
| 604.6 | 55625.0 | 5562.5 |
| 604.7 | 80625.0 | 13625.0 |
| 604.8 | 80625.0 | 21687.5 |
| 604.9 | 189375.0 | 40625.0 |
| 605.0 | 407500.0 | 81375.0 |
| 605.1 | 470000.0 | 128375.0 |
| 605.2 | 657500.0 | 194125.0 |
| 605.3 | 883125.0 | 282437.0 |
| 605.4 | 1114375.0 | 393875.0 |
| 605.5 | 1200000.0 | 513875.0 |
| 605.6 | 1586250.0 | 672500.0 |
| 605.7 | 1923125.0 | 864812.5 |
| 605.8 | 2340625.0 | 1098875.0 |
| 605.9 | 2531250.0 | 1352000.0 |
| 606.0 | 3271250.0 | 1426000.0 |
| 606.1 | 3877500.0 | 1560625.0 |
| 606.2 | 4936562.0 | 1801156.2 |
| 606.3 | 5769062.0 | 2124937.4 |
| 606.4 | 5989062.0 | 2470718.6 |
| 606.5 | 6545312.0 | 2872124.8 |
| 606.6 | 7162187.0 | 3335218.5 |
| 606.7 | 7930937.0 | 3875187.2 |
| 606.8 | 8416562.0 | 4463718.4 |
| 606.9 | 9452187.0 | 5155812.1 |
| 607.0 | 10672187.0 | 5969905.8 |
| 607.1 | 11149062.0 | 6831687.0 |
| 607.2 | 12124375.0 | 7790999.5 |
| 607.3 | 12686250.0 | 8806499.5 |
| 607.4 | 13578750.0 | 9911249.5 |
| 607.5 | 14711250.0 | 11129249.5 |
| 607.6 | 15428750.0 | 12418999.5 |
| 607.7 | 16542500.0 | 13820124.5 |
| 607.8 | 17691875.0 | 15336187.0 |
| 607.9 | 18259375.0 | 16908999.5 |

Tabla 3.5.12.- Equivalencia entre: cota del agua, superficie inundada y volumen almacenado en el PNTD (MOPU - MAPA, 1986)

B A L A N C E H I D R I C O
E N L A S T A B L A S D E D A I M I E L (Octubre 1988-Junio 1989)

| | <u>Octubre</u> | <u>Noviemb.</u> | <u>Diciemb.</u> | <u>Enero</u> | <u>Febrero</u> | <u>Marzo</u> | <u>Abril</u> | <u>Mayo</u> | <u>Junio</u> | <u>TOTAL</u> |
|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <u>ENTRADAS (hm³)</u> | | | | | | | | | | |
| Precipitación directa | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 1,5 | 0,4 | 4,5 |
| Aportación Gigüela | 2,3 | 3,3 | 3,8 | 3,2 | 2,1 | 2,7 | 2,9 | 4,5 | 3,9 | 28,7 |
| Aportación arroyos | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 2,1 | 0,4 | 5,5 |
| TOTAL | 3,2 | 3,7 | 4,1 | 3,8 | 3,2 | 3,6 | 4,3 | 8,1 | 4,7 | 38,7 |
| <u>SALIDAS (hm³)</u> | | | | | | | | | | |
| Evaporación | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,7 | 2,1 | 7,7 |
| Vertido Puente Navarro | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 1,5 | 1,5 | 3,2 |
| Infiltración | 1,8 | 1,4 | 2,3 | 2,6 | 1,8 | 1,3 | 2,3 | 3,9 | 3,2 | 20,6 |
| TOTAL | 2,3 | 1,7 | 2,6 | 2,9 | 2,3 | 2,1 | 3,7 | 7,1 | 6,8 | 31,5 |
| Almacén inicial | 0,7 | 1,6 | 3,6 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 8,4 | 9,0 | 10,0 | |
| Almacén final | 1,6 | 3,6 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 8,4 | 9,0 | 10,0 | 7,9 | |

Tabla 3.5.13.- Balance hídrico del PNTD, X/88 - VI/89 (SGOP, 09/89)

Tabla 3.5.14.- Balance hídrico del PNTD, XI/88 - VI/89 (modificado de SGOP. 09/89)

| 1988/89 | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Total |
|-----------------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| ENTRADAS | | | | | | | | | |
| Lluvia | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 1.5 | 0.4 | 4 |
| Ap. Cigüela | 3.3 | 3.8 | 3.2 | 2.1 | 2.7 | 2.9 | 4.5 | 3.9 | 26.2 |
| Ap.arroyos | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 2.1 | 0.4 | 5 |
| Total | 3.7 | 4.1 | 3.8 | 3.2 | 3.6 | 4.3 | 8.1 | 4.7 | 37.5 |
| SALIDAS | | | | | | | | | |
| Evaporación | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 1.7 | 2.1 | 7.2 |
| Vertido P.N. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 1.5 | 1.5 | 3.2 |
| Infiltración | 1.5 | 3.7 | 3.3 | 2.5 | 2 | 2.4 | 4.2 | 3.05 | 22.65 |
| Total | 1.8 | 4 | 3.6 | 3 | 2.8 | 3.8 | 7.4 | 6.55 | 32.92 |
| | | | | | | | | | |
| Alm. Inicial | 3.5 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.7 | 7.2 | 7.9 | |
| Alm. Final | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.7 | 7.2 | 7.9 | 5.95 | |
| Varia. Alm. | 1.9 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.8 | 0.5 | 0.7 | -1.95 | |

3.6.- EFECTOS ECOLÓGICOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS

Los humedales son ecosistemas especialmente condicionados a su funcionamiento hidrológico. Cambios significativos en las características "normales" de los flujos de aguas superficiales y subterráneos pueden tener efectos muy importantes en la vida de estos ecosistemas. Los humedales de las Tablas de Daimiel y los que formaban el valle de los "Ojos del Guadiana", pueden considerarse como ejemplos paradigmáticos del impacto de tales cambios.

A lo largo de toda la Tesis se ha ido viendo de modo más o menos general, los principales problemas ecológicos que se han producido en estos humedales. A continuación se presentan resumidos los impactos más importantes producidos en las dos zonas húmedas indicadas.

3.6.1.- Impactos sobre Las Tablas de Daimiel

Las transformaciones más importantes que se han producido han sido:

a) Fuerte disminución de la superficie de encharcamiento, quedando reducida a menos de 50 ha, es decir inferior al 3 % de la máxima zona de encharcamiento normal (1.600 ha).

b) Gran aumento de la salinidad del agua de las Tablas, ocasionado principalmente por la desaparición de las aportaciones de aguas subterráneas del acuífero de la Llanura Manchega a través de los "Ojos del Guadiana" y otros manantiales que tenían una salinidad muy inferior a las aportaciones de aguas superficiales procedentes del río Cigüela.

Según Santos Cirujano *et al.* (1992), en 1989 se igualó la concentración salina de las aguas de todo el humedal, presentando una composición sulfatado - cálcico magnésicas e hiposalinas (3.000 μ mhos/cm). En el capítulo 3.5.2.5 se estudiaba en detalle los cambios en la salinidad del PNTD y se daban otros rangos de CE según otros autores.

c) Se ha producido una contaminación y eutrofización de las aguas superficiales debido principalmente a los vertidos urbanos e industriales que llegan por el río Cigüela. Además, otro foco contaminante de las aguas de Las Tablas lo constituye el arroyo de Fuente del Fresno, que aporta las aguas residuales de dicha localidad (Cirujano 1992c) por el que en ocasiones llegan efluentes cargados de alpechines (líquido producto de la destilación de las aceitunas en las almazaras).

d) La contaminación, unida a los cambios en la calidad y cantidad del agua, a provocado cambios importantes en la vegetación . El más significativo es la

sustitución de la masiega por el carrizo. Las principales amenazas de este cambio (según Santiago et. al 1990), derivan de la gran velocidad del carrizo para colmatar en pocos años amplias zonas de aguas libres (necesarias para el establecimiento de comunidades anátidas). Además, el aporte protéico de esta especie es mucho menor que el de la masiega, limitando así la alimentación de las comunidades orníticas asociadas a las Tablas.

Por otra parte, la evapotranspiración del carrizo es mucho mayor que la de la masiega, tema especialmente preocupante si consideramos los graves problemas hídricos que tiene el Parque (Santiago et al 1990).

Los cambios en la calidad química del agua de Las Tablas ha hecho desaparecer la mayor parte de las especies vegetales que existían. Según Cirujano (1992c) en la actualidad sólo el cedón, que permanece asociado a los fondos turbosos del antiguo cauce del Guadiana, queda como vestigio de la flora original. Por contra, han aparecido otras planta acuáticas desconocidas en esta zona como por ejemplo "Lemna giba", que pone de manifiesto la progresiva eutrofización de las aguas.

e) Reducción de las especies nidificantes, entre las cuales, según comunicación personal de Miguel Angel Hernández (representante ecologista en el Patronato del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel), las acuáticas buceadoras y las ardeidas han sido las más perjudicadas desapareciendo como reproductoras en el año 1992. En Martín Novella et. al. (1988), se describen las especies de aves acuáticas asociadas a este humedal. En relación con la contaminación orgánica y de pesticidas que estacionalmente llega a Las Tablas, pueden llegar a producirse mortandades masivas de aves en momentos desfavorables, especialmente en el estiaje.

f/ En 1986 se produjo un gran incendio, posiblemente provocado, que afectó a una tercera parte del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Serna y Gavira, 1995). El fuego se extendió por las turberas del subsuelo produciéndose la pérdida de ese recurso natural y originando cambios importantes en la topografía del Parque, que dificultaría en el futuro mantener la misma cota de inundación en toda su superficie. En febrero de 1994 (Las Tablas de Daimiel, 1994) se produjo un nuevo incendio en la parte norte del PNTD, quemándose unas 65 ha de carrizo y una veintena de "tarays".

3.6.2.- Impactos sobre el valle de los Ojos del Guadiana

El valle del alto Guadiana, desde los "Ojos" hasta las Tablas de Daimiel, es sin lugar a dudas el área que ha tenido afecciones más espectaculares y mayores cambios paisajísticos, como consecuencia de la total desaparición de los flujos de agua que existían.

En la actualidad, el nivel freático está unos 40 m por debajo de la superficie del terreno (García, 1995) y las aportaciones superficiales del río Azuer (20 hm³/año) han desaparecido debido a la construcción del embalse de Vallehermoso en su cabecera. Dicho embalse está principalmente destinado para regadío y fué financiado en buena parte por la CE.

Desde el 1978 o 1979, las turberas que se habían generado a lo largo de milenios en las zonas pantanosas del valle del Guadiana, empezaron a experimentar un proceso de combustión espontánea (ver cap. 3.4.3) como consecuencia de un descenso del nivel freático. En la actualidad los incendios continúan produciéndose en la mayor parte del antiguo cauce del Guadiana, entre los "Ojos" y el Parque Nacional. Aguas abajo del PNTD y en un tramo de unos 10 km, las turberas del valle del Guadiana también sufren un proceso de autocombustión.

Las principales consecuencias medioambientales y paisajísticas que estos incendios han producido son:

a) Colapsos en las zonas donde los espesores de turba eran mayores o quizá donde existía una cueva en las calizas cársticas inferiores (García y Llamas, 1993). Estos colapsos, habitualmente suelen tener formas circulares, lo que hace pensar que en muchos casos se produzcan por el hundimiento en "bóveda" de pequeñas cavernas o estructuras kársticas similares. Otra posible hipótesis es que la formación de turbas pueda haber alcanzado especial espesor a favor de anteriores dolinas o conductos de disolución, "ojos". Al quemarse estas turbas

darían lugar a hundimientos de cierta importancia con una forma circular, posiblemente relacionados con procesos de "piping". Probablemente y dependiendo de cada caso en particular, se de un proceso mixto entre ambas ideas.

b) Subsidencia generalizada del terreno, por pérdida del agua contenida en sus poros en primer lugar y por combustión después (García y Llamas, 1993).

c) Imposibilidad de repoblar o cultivar en la zona mientras continúen los fuegos.

d) Emisión de gases tóxicos al exterior. Los resultados de los análisis cromatográficos realizados sobre los gases son los siguientes (Gessal, 1991; Escribano, 1992):

- Los niveles de emisión medidos para óxidos de carbono son de 2.500 ppm de CO, cinco veces superiores a los límites de emisión que no deben exeder de 500 ppm.

- El dióxido de nitrógeno medido es de 40 ppm y está por debajo del máximo permitido 300 ppm.

- El dióxido de azufre es inferior a 100 ppm, inferior al máximo permitido.

- La emisión de metano excede cinco veces el máximo permitido, el etano exede un 30 % del máximo permitido, y el propano, isobutano y butano se encuentran dentro de los límites permitidos (Gessal, 1991).

e) Pérdidas económicas

La combustión de la turba significa, desde un punto de vista ecológico, la irracional pérdida de un recurso escaso y valioso para la economía manchega. A

modo de ejemplo, ofrecemos algunas cifras muy representativas (según Escribano, 1992), que explican dichas pérdidas económicas.

El mercado español consume unas 150.000 toneladas de turba al año, lo que supuso en 1989 unos 1.300 millones de pesetas. De las 67.000 toneladas anuales que produce España, el 44% procedían en 1988 de las concesiones mineras de Zuacorta I y Zuacorta II. La superficie que ocupaba dichas concesiones coincide con la cartografía que presentábamos en la figura 3.4.c.

Recientemente menos del 10% de la demanda se abastece desde la Mancha, debido a las continuas paralizaciones llevadas a cabo por la Comisaría de Aguas. Desde 1984 se han quemado más de 80 ha de turba en el valle del Guadiana (Escribano, 1992). Esto supone algo más de 1 millón de toneladas o 16 años de la producción total española de turba

Visto esto, no parece muy razonable que se haya dejado quemar ese valioso recurso, que como ya se ha visto en capítulos anteriores es imposible que se recupere, pues requeriría que el nivel freático volviera a su posición inicial subiendo unos 40 m, y que pasaran más de 5.000 años para que se formara turba de nuevo.

Pese a las investigaciones realizadas con el apoyo del Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), en colaboración con la Universidad de Castilla La Mancha y las Universidades Complutense y Politécnica de Madrid, que indican claramente la imposibilidad de detener los fuegos, continúa una obstinada política hidráulica que se empeña en paralizar las actuaciones de extracción, con las consiguientes consecuencias políticas, económicas y medioambientales que ello supone.

3.6.3.- Actuaciones antrópicas en el valle de los Ojos del Guadiana

A continuación describiremos a modo de resumen, la historia de las actuaciones que el hombre ha venido realizando en los últimos 20 años, centrándonos principalmente en el tramo comprendido entre los "Ojos del Guadiana" y su confluencia con el río Azuer, que es una muestra bastante fidedigna de lo que ha ocurrido en todo el valle del alto Guadiana.

La descripción de la evolución que han tenido los cultivos, está basada en conversaciones mantenidas con los agricultores de los alrededores y principalmente de la información verbal facilitada por F. Escribano de "Turbas del Guadiana S.A".

- En la década de los "60", quizás algo antes, comienzan a realizarse las obras de canalización del Guadiana y drenajes de zonas pantanosas, que durarán hasta 1973 aproximadamente.

- Entre 1972 y 1973, comienza la roturación de suelos. Se corta y quema el carrizo y la masiega con la intención de localizar zonas de manantiales u "ojos".

- En 1975 aproximadamente, se ponen plantaciones de arroz en las zonas próximas a la desembocadura del río Azuer.

- Entre 1975 y 1978, en la finca de Zuacorta, paraje el Sordico (ver fig: 3.4.c), se cultiva remolacha, con regadíos a partir de los canales de drenaje existentes, de ojos, sondeos y/o pozos. En esta misma zona se prueban cultivos de maíz, girasol, cebada y trigo, sin éxito agrícola ninguna de las especies.

- En 1978 se intenta el cultivo del melón y la cebolla sin éxito. También se cultiva patata, con óptimos resultados.

- En 1980, se plantan cereales de secano y girasol en el paraje de la

Parrilla (fig.3.4.c) y se talan los chopos que había en la zona por su baja producción.

A partir de esta fecha aproximadamente, comienza la extracción de turba por parte de "Turbas del Guadiana S.A.", obteniendo muy buenos rendimientos. Debido al interés de este recurso mineral como fertilizante y a la facilidad con que se extrae, en los años siguientes comienza una explotación "intensiva" y "descontrolada" (ver fig: 3.4.c) por parte de distintos particulares, contribuyendo a la degradación del valle, creando agujeros que afectarán acelerando la oxigenación y combustión de las turbas.

- Entre 1982 y 1987, en algunas zonas se cultiva alfalfa, obteniendo buenas producciones.

- En 1990 "Turbas del Guadiana S.A." planta 14 ha de chopos en distintas parcelas de suelos turbosos con objeto de repoblar y obtener un futuro rendimiento económico. Estos árboles tienen una pésima aceptación y se secan en muy poco tiempo.

- En el año 1991 se abandona prácticamente todo tipo de cultivo y los fuegos que comenzaron unos 5 años antes continúan afectando a la casi totalidad de las turberas. En determinadas zonas del antiguo cauce del Guadiana existen plantaciones de maíz que en algunos casos, debido a la alta dotación de agua que precisa ese tipo de cultivo, está contribuyendo a detener los incendios de las turbas en sus proximidades. Ejemplos de esto ocurre en las confluencias del río Azuer y arroyo de Navaseca con el Guadiana (ver localización en fig: 3.4.a).

Este mismo año, como consecuencia de la combustión del substrato turboso existía bajo la carretera que cruzaba el valle del antiguo río Guadiana por Zuacorta (carretera de Villarrubia de los Ojos-Daimiel), se producen colapsos en la propia carretera obligando al MOPU a realizar un nuevo trazado de la misma.

- En la actualidad (1995), prácticamente todo el valle del Guadiana está quemado o en proceso de autocombustión, y las zonas con mejores condiciones para un posible futuro aprovechamiento agrícola o de otro tipo y sin riesgos de incendios, son aquellas donde se ha extraído la turba en todo su espesor de una forma ordenada donde posteriormente se ha explanado la zona (ver fig: 3.4.c).

4.- CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS

4.- CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN FUNCIONAL DE HUMEDALES RIBEREÑOS

4.1. INTRODUCCIÓN

Los humedales deben considerarse como ecosistemas o unidades funcionales complejas que son el resultado de la interacción de factores climáticos, topográficos, morfológicos, litológicos e hidrológicos y su estudio debe hacerse conjuntamente por equipos multidisciplinares. Mientras no sea posible integrar todos los factores de las distintas disciplinas que intervienen, es difícil que se puedan establecer unas bases apropiadas para su conservación y gestión.

Las bases para una valoración y clasificación funcional de los humedales, cada vez más, tienen en cuenta el funcionamiento hidrológico y la interacción de las aguas subterráneas y superficiales (Llamas, 1995; Montes, 1995). La existencia de vegetación freatofítica y suelos hidromórficos, ponen de manifiesto la relación directa entre las funciones hidrológicas, ecológicas y geomorfológicas.

Desde hace cuatro años la Unión Europea financia un proyecto de investigación en el que participan varios países europeos. El proyecto "Functional Analysis of European Wetland Ecosystems"(FAEWE; EC DGXII STEP Project CT90-0084), prolongado por dos años más con el FAEWE II (CT94-0559), tiene como objeto producir un manual para valorar y dar una clasificación funcional de los humedales ribereños. Se trata pues, de un ambicioso proyecto en el que se valorarán todas las funciones que se dan en los humedales; funciones hidrológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, biogeoquímicas y ecológicas.

En el FAEWE se está utilizando metodologías de trabajo análogas a las de otros manuales como el Brinson (1993) y en menor medida las del "WET" elaborado por Adamus et al.(1987). Gran parte de las ideas que se figuran en el manual que se está elaborando denominado "Functional Assesment" (FA), ya

aprecian en las comunicaciones presentadas en las Jornadas sobre las bases científicas para la protección de los humedales en España, celebradas en la Real Academia de Ciencias en 1987 (G. Bernaldez y Llamas, 1987). En España la elaboración de una clasificación funcional de los humedales es un tema bastante novedoso, y no conocemos ningún manual publicado que tenga este objetivo.

Entre los autores que han estudiado los humedales desde un punto de vista ecológico, con la finalidad de dar una nomenclatura y tipología, las principales aportaciones se deben al equipo de G. Bernaldez (ver G. Bernaldez, 1988 y 1989; G. Bernaldez et. al., 1989; G. Bernaldez, 1992). Recientemente se ha publicado una guía de los lagos y humedales de España, (realizada por Casado y Montes, 1995), donde se explican cómo funcionan los principales humedales y lagos que tenemos, proporcionando además unas bases que ayudan a entender este tipo de sistemas acuáticos.

Por otra parte, entre los trabajos de las lagunas manchegas que tratan sobre criterios geomorfológicos de clasificación funcional, caben destacar los de Sáenz Donaire, (1992a) y (1992b), Sanz Donaire et. al. (1992) y (1994) y Peinado, (1994).

El estudio de los humedales referido a su funcionamiento hidrogeológico, con un enfoque de dar bases para su conservación, se debe en no pequeña parte al grupo de trabajo del Departamento de Geodinámica de la U.Complutense (cf. Llamas, 1988, 1989a y 1993 entre otros).

La Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPTMA) financió, con un importante presupuesto, un proyecto para hacer un Inventario Nacional de los humedales naturales de la España peninsular (Montes, 1991). Ese proyecto era la primera fase de un trabajo más amplio que todavía no ha finalizado, y con el se pretendía conocer cuantos y que tipos de humedales tenemos en el territorio nacional.

En la actualidad hay equipos de investigación que están comenzando a trabajar en una segunda fase del proyecto antes mencionado, desde dos nuevos proyectos financiados por la DGOH (MOPTMA) y dentro del programa de apoyo al Plan Hidrológico Nacional. En esta segunda fase, en definitiva, se tratarán de elaborar las bases y directrices para crear unos manuales de identificación, delimitación y valoración de humedales. Los objetivos particulares que se pretenden alcanzar en esta nueva fase pueden verse bien desarrollados en Montes, (1995).

4.2.- EL PROYECTO FAEWE

El "Functional Analysis of European Wetland Ecosystems" (FAEWE) tiene como intención elaborar un manual de valoración y clasificación funcional de los humedales europeos, con unos fundamentos científicos que permitan explicar y cuantificar la dinámica de los procesos que se producen, y facilitar así mecanismos que eviten su degradación. El elemento de partida de la metodología del FAEWE es el establecimiento de unidades hidrogeomorfológicas (UHGM), definidas como "áreas de homogénea geomorfología e hidrología/hidrogeología, y bajo condiciones de suelo homogéneo". Sobre estas UHGMs se intentará hacer una valoración de las funciones que se dan en ellas. En Maltby et. al. (1994) se hace un resumen de las bases y criterios que se han utilizado en este proyecto.

Se trata de un proyecto multidisciplinar en el que participan diez universidades y organismos, cuya relación se mencionaba en los antecedentes de esta Tesis Doctoral.

En particular, el equipo de trabajo español está formado por los siguientes subgrupos:

- Dpto. de Geografía Física y Análisis Regional de la U.C.M., con el Profesor Juan José Sáenz Donaire como investigador principal.

- Dpto. de Geodinámica de la U.C.M., con el Profesor Ramón Llamas como investigador principal.

- Dpto. de Ecología de la U.A.M. Su investigador principal es el Profesor Carlos Montes.

El proyecto se está desarrollando en dos fases de trabajo:

4.2.1.- Fase I "FAEWE"

La primera fase del proyecto finalizó en junio de 1994 y tuvo una duración de tres años (1991-1994). Los objetivos de la fase I fueron:

- Identificar, valorar y medir los procesos "clave" que controlan los humedales ribereños.

- Valorar las perturbaciones en estos ecosistemas por actividades del hombre. Se incluyen alteraciones en el régimen hidrológico, sedimentación y aplicación de fertilizantes.

- Relacionar con modelos dinámicos las perturbaciones antrópicas en todos los sistemas funcionales estudiados.

Las funciones que pueden desempeñar las diversas unidades hidrogeomorfológicas (UHGMs) estudiadas en el FAEWE, han sido definidas a partir de la literatura existente (G. Burke et al. 1988; Larson et al. 1989; Brinson, 1993; etc.), y pueden sintetizarse en las siguientes:

Funciones Hidrológicas.

- A. Control de inundaciones.
- B. Recarga de agua subterránea.
- C. Descarga de agua subterránea.
- D. Generación de cursos superficiales.

Funciones Biogeoquímicas.

- A. Pérdida de nutrientes.
- B. Retención de nutrientes.
- C. Retención de sedimentos.

D. Acumulación de turba.

Funciones Ecológicas.

A. Mantenimiento de ecosistemas.

B. Soporte de la red alimentaria o trófica.

En particular, los objetivos concretos de tipo hidrológico - hidrogeológico que hemos realizado en el del Grupo de Geodinámica de la U.C.M. durante la primera fase de este proyecto, han sido:

1- Estudio hidrogeológico de algunas lagunas Manchegas; el Masegar, Molino del Abogado, y Peña Hueca, que fué objeto de la tesis Doctoral de Fornés, J. (1994).

2- Estudio hidrogeológico del PNTD (cuyos resultados quedan integrados en buena parte de esta Tesis Doctoral).

3- Estudio de la hidrogeología de dos humedales de Francia; en el río Allier en Appremont y en el Loira en Decize.

Estos trabajos, en particular los objetivos nº 1 y 3, se han realizado en estrecha colaboración con grupo de trabajo del Dpto. de Geografía Física y Análisis Regional de la U.C.M.

Gran parte de la información recogida y de los resultados obtenidos durante estos tres años por los distintos equipos investigadores que participan en el proyecto, se han recopilado en el FAEWE Final Report- Phase One (Coord. Maltby, et al., 1995)

4.2.2.- Fase II "FAEWE"

Tiene una duración de dos años (VII/1994 - VI/1996) y su principal objetivo es elaborar un manual de evaluación de humedales ribereños aplicable en Europa. Es un trabajo principalmente de gabinete, que consiste en agrupar y dar una interpretación coherente a toda la información que se recopiló durante la fase I.

Después de transcurrido un año desde que empezó esta segunda fase, se tiene como resultado preliminar un boceto de lo que será el manual de valoración de humedales ribereños (FAEWE Procedures) cuyas características principales se comentarán a continuación.

4.2.3.- Estructura del Manual FAEWE

El manual que se está preparando lleva el nombre de "FAEWE Procedures", y está todavía en fase de elaboración. Debe considerarse por el momento como un borrador y no deben sacarse conclusiones e interpretaciones precipitadas de su contenido. La metodología que emplea y el esquema de trabajo que sigue están bastante definidos, no así el método de cómo se va a integrar toda la información de las distintas disciplinas, que en definitiva va a ser lo que permita definir y clasificar el humedal ribereño.

Este borrador se ha realizado conjuntamente por todos los participantes en el proyecto FAEWE, pero la coordinación y síntesis se debe principalmente a Maltby, Hogan y a McInnes de la Universidad de Exeter.

El objetivo de este manual es establecer un sistema que permita conocer la función que cumple cualquier variable que interviene en el humedal ribereño. El método de trabajo se basa en establecer un "árbol de decisiones" construido a partir de preguntas que se van haciendo cada vez más concretas, y nos llevan a la definición y explicación de la función que tiene la variable que nos interesa conocer.

En el FAEWE Final Report - Fase One (Coord. Maltby, et al., 1995), se daba la siguiente definición de humedal ribereño "HR":

"Los humedales ribereños incluyen todas las corrientes activas y los ecosistemas históricos de llanura de inundación, en los cuales la inundación por agua superficial y/o la permanencia de un nivel freático somero es un fenómeno regular. También incluye valles y laderas adyacentes que están regularmente afectadas por un flujo de agua superficial o de agua subterránea. El registro del agua normalmente puede tener una duración suficiente para mantener una vegetación hidrófila y permitir el desarrollo de suelos hidromorfos. Estas zonas pueden no tener conexión hidrológica entre la llanura de inundación y las laderas

del valle"

El "FAEWE Procedures" está pensado para que las personas que lo utilicen puedan hacer una valoración del humedal según unas pautas sencillas que le sirvan de guía. Se supone que el usuario no es especialista en humedales, pero que tiene un nivel básico de familiarización con las ciencias naturales. Es posible que durante la aplicación del manual el usuario tenga problemas específicos a los que no pueda dar solución. En estos casos deberá recurrir al especialista de la disciplina que corresponda.

Para utilizar el manual "FAEWE Procedures" se han establecido unas fases de trabajo que pueden verse simplificadas en el índice que se ofrece a continuación:

Los apartados referidos al trabajo de gabinete se han identificado con la letra "G", los de campo con la "C", y los de conclusiones y valoración con la "V".

INDICE DEL "FAEWE PROCEDURES"

G. ESTUDIO DE GABINETE

G.1. ESCALA DE CUENCA

G.1.1. Información general

G.1.2. Funciones hidrológicas

G.1.3. Funciones biogeoquímicas

G.1.4. Funciones ecológicas

G.2. ESCALA DE DETALLE

G.2.1. Información general

G.2.2. Funciones hidrológicas

G.2.3. Funciones biogeoquímicas

G.2.4. Funciones ecológicas

C. TRABAJO DE CAMPO

C.1. DELIMITACIÓN DE "UHGM"

C.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS SOBRE LAS FUNCIONES

C.2.1. Información general

C.2.2. Funciones hidrológicas

C.2.3. Funciones biogeoquímicas

C.2.4. Funciones ecológicas

V. VALORACIÓN FUNCIONAL

V.1. EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

V.1.1. Valoración cualitativa

V.1.2. Valoración cuantitativa

V.1.3. Valoración mediante modelos

En el apartado siguiente (4.2.4) exponemos la metodología de trabajo que sigue este manual referido exclusivamente a las funciones hidrológicas, que son las que tienen mayor interés para el objetivo de esta Tesis y aquellas en las que nuestra intervención o participación científica ha sido relevante.

4.2.4.- Valoración de las funciones hidrológicas

A partir de ahora nos centraremos en el estudio de las funciones propiamente hidrológicas-hidrogeológicas del índice del "FAEWE Procedures" que mostrábamos en el apartado anterior.

El establecimiento definitivo de indicadores que nos permitan conocer si el humedal ribereño cumple una determinada función hidrológica, todavía no se ha realizado en el "FAEWE Procedures". Por lo tanto, los "indicadores" que iremos viendo en este capítulo debe considerarse también como preliminares, y supone parte de la aportación que el grupo de geodinámica de la U.C.M., está realizando según los requerimientos del esquema de trabajo del "FAEWE Procedures".

A continuación se desarrolla el esquema de trabajo que, en principio, se piensa emplear en el manual "FAEWE Procedures" para valorar las funciones hidrológicas-hidrogeológicas que desempeñan los HR, referido a España.

G. ESTUDIO DE GABINETE

G.1. ESCALA DE CUENCA

Esta fase de trabajo consiste en la recopilación de toda la documentación existente a nivel de cuenca. La información obtenida deberá servir para hacer una primera valoración o aproximación a los procesos que determinan las distintas funciones que tienen lugar en el humedal.

G.1.1.- Información general

Se deberá recopilar todo el material posible a nivel de cuenca que permita iniciar el estudio de gabinete del HR. Para el estudio de las funciones hidrológicas-hidrogeológicas deberá recopilarse la siguiente documentación.

1.- Bibliografía.

- Artículos divulgativos.
- Artículos científicos.
- Libros y guías variadas.

2.- Mapas.

- Topográficos
- Geológicos
- Hidrogeológicos.
- Usos del suelo.

3.- Fotos e imágenes satélite

- Fotos aéreas (escalas variadas).
- Ortoimágenes.

4.- Bases de datos.

- Inventarios de pozos (ITGE, SGOP,...).
- Aforos ríos (CEDEX, CHG).
- Datos meteorológicos (INM).

G.1.2.- Funciones hidrológicas de los HR

Según se dijo en el capítulo 4.2.1, las funciones hidrológicas definidas en en la FAEWE fase I como funciones a estudiar son:

- A. HR como control de avenidas.
- B. HR como áreas de recarga de aguas subterráneas.
- C. HR como área de descarga de agua subterránea.

D. HR como generación de flujos superficiales.

En la pasada reunión de noviembre de 1995 de la IUCN, celebrada en Wallingford, quedó claro que en su próximo libro sobre el papel de los humedales en el ciclo hidrológico, se trataría de justificar el papel de cada una de estas funciones, valorando por ejemplo, si ciertos humedales disminuyen las crecidas o por el contrario las aumentan (IUCN, 1995) Así pues, quizás sea más oportuno definir las funciones hidrológicas de los humedales como sigue:

- A. HR en relación con las avenidas.
- B. HR en relación con la recarga de aguas subterráneas.
- C. HR en relación con la descarga de agua subterránea.
- D. HR como generación de flujos superficiales.

A continuación se hace una breve descripción de en lo que consiste cada función y de los indicadores que pueden servir para conocer si se el humedal está cumpliendo o no esa función.

En las figuras 4.2.a, 4.2.b y 4.2.c hemos dibujado unos esquemas que ayudan a entender el significado de cada función. Las distintas posibilidades de funcionamiento hidrogeológico para cada función será tratado detalladamente en el capítulo 4.3.

Función A: HR en relación con las avenidas

Los humedales ribereños por lo general pueden atenuar las avenidas (fig. 4.2.a) aunque en ocasiones pueden aumentarlas. El agua al entrar en el humedal e inundar una superficie amplia, disminuye el caudal máximo instantáneo y puede evitar el desbordamiento del río. Durante la inundación el agua puede rebasar ciertas barreras marginales del canal principal e inundar depresiones independizadas del río. Estas zonas cuando cese la avenida se irán vaciando lentamente por evaporación, escorrentía superficial o infiltración, y podría en éste

último caso actuar como zona de recarga de agua subterránea.

Función B: HR en relación con la recarga de aguas subterráneas.

Los HR, frecuentemente en climas húmedos a menudo actúan como zonas de recarga de aguas subterráneas (fig. 4.2.b). La recarga se produce cuando el agua del humedal tiene un movimiento descendente y se infiltra recargando el acuífero subyacente. Los aportes hídricos al humedal pueden proceder de cursos superficiales, de precipitación directa de lluvia o bien por canalizaciones de origen antrópico (tanto de aguas naturales como de vertidos líquidos urbanos). Para conocer si un determinado humedal ribereño cumple esta función, deberemos estudiar la relación entre el nivel del agua en el río y el nivel freático en el acuífero subyacente. En ocasiones los humedales rechazan la recarga ya que su suelo está saturado.

Función C: HR en relación con la descarga de agua subterránea.

Los humedales ribereños especialmente en determinados casos o secuencias, como en España, a menudo actúan como zona de descarga de agua subterránea (fig: 4.2.c.). Esto tiene lugar cuando el agua del acuífero tiene un movimiento ascendente en el humedal, originando un curso superficial o una superficie libre de agua, o simplemente una laguna endorreica salina. Esta situación suele darse en zonas donde la topografía corta el nivel freático. Son los más frecuentes en España y en los países semiáridos.

Función D: HR como generación de flujos superficiales

Los humedales ribereños puede dar origen a ríos (función de manantial) o contribuir a mantener un determinado caudal en el río. Esta función trata de explicar la relación entre un manantial o una zona encharcada de origen superficial y un curso fluvial asociado a esas zonas. En el FAEWE a este proceso se le ha definido como "Generación de flujo superficial".

En principio podría darse en los siguientes casos (ver fig; 4.2.d): A) una zona de descarga subterránea a favor de depresiones topográficas, B) una zona de descarga subterránea en el contacto de materiales permeables e impermeables o bien, C) a partir de una cubeta cerrada de substrato impermeable donde se genera un emisario fluvial.

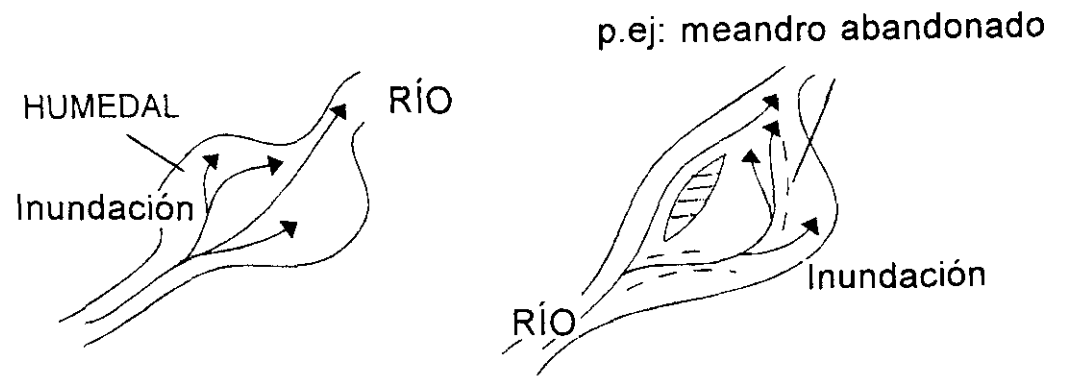


Fig. 4.2.a.- Función de humedal ribereño como control de avenidas

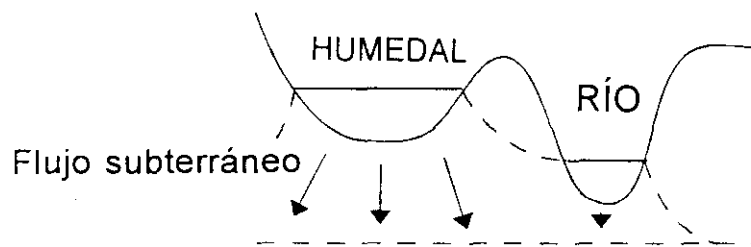


Fig. 4.2.b.- Función de humedal ribereño como zona de recarga de agua subterránea

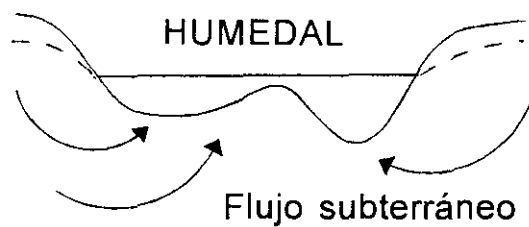


Fig. 4.2.c.- Función de humedal ribereño como zona de descarga de agua subterránea

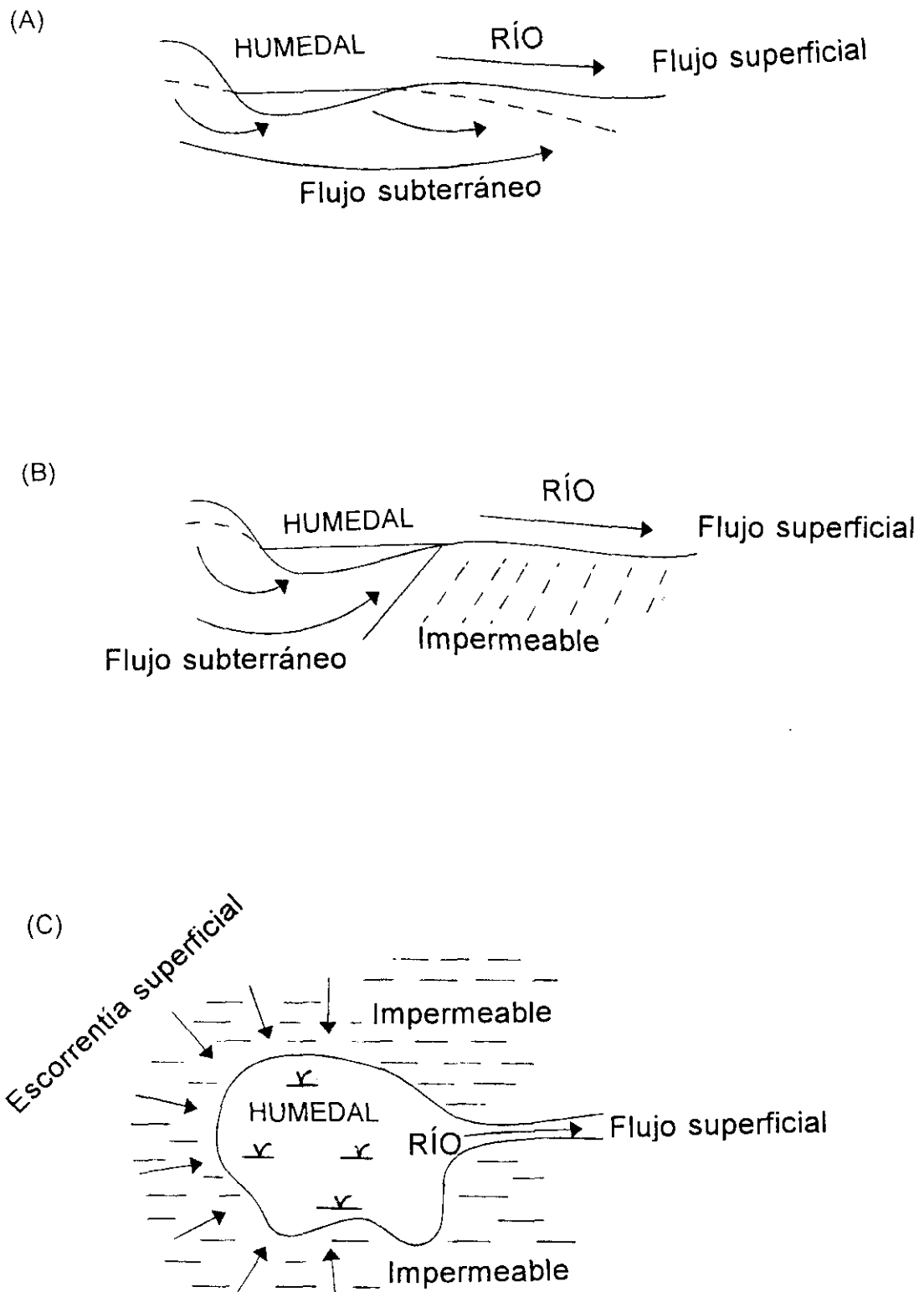


Fig. 4.2.d.- Función de humedal ribereño como generación de cursos fluviales

Para conocer cual de estas funciones se produce en el humedal, hay que hacerse unas preguntas generales (de momento estamos trabajando a escala de cuenca) que puedan ser contestadas a partir de la bibliografía.

A modo de ejemplo el tipo de preguntas que deben plantearse pueden ser las siguientes:

1. ¿La cuenca es predominantemente permeable o impermeable? (ver mapas).
2. ¿La cuenca está cubierta por vegetación? (mapas).
3. ¿La cuenca tiene un relieve pronunciado? (mapas).
4. ¿La red fluvial tiene una alta densidad de ríos? (ver mapas).
5. ¿Los ríos llevan agua permanentemente? (consultar documentación).
6. ¿Se produce desbordamiento de los ríos con cierta frecuencia? (documentación).
7. ¿Hay zonas encharcadas permanentemente? (ver mapas y fotos)
8. ¿Existen obras, (p.ej. presas o diques) que almacenan o retardan el paso del agua a los humedales?
9. ¿Hay canalizaciones de lechos fluviales con impermeabilización de obra?
10. ¿Hay núcleos de población cerca de los ríos y humedales que viertan residuos líquidos urbanos o industriales directamente a los humedales?
11. ¿Existen cultivos de regadío en la zona de estudio? (ver mapas de cultivos e imágenes satélite)

Obviamente estas preguntas son muy generales pero válidas para enmarcar la zona de trabajo (p.ej. serían suficientes para diferenciar dos zonas estudiadas en el FAEWE: la región de la Mancha y la de Appremont en Francia). Servirán como aproximación para la siguiente fase de trabajo y podrán contestarse en el estudio de gabinete a escala de humedal o en la fase de campo.

G.2. ESTUDIO DE GABINETE A ESCALA DE DETALLE DEL HR

G.2.1. Información general

Se deberá tener en cuenta toda la información recolectada en el apartado G.1.1 pero con una escala de trabajo más detallada. Habría que incluir además la siguiente documentación específica:

- Propietarios y administración de HR.
- Usos HR.
- Accesibilidad al HR.
- Situación legal HR.
- Datos e información histórica del HR.
- Historia de actuaciones realizadas en el HR.

G.2.2. Funciones hidrológicas

Es prácticamente lo mismo que se trató en el apartado G.1.2 pero a escala de humedal en vez de cuenca. Las preguntas deberán ir dirigidas a los humedales concretos que estemos estudiando, diferenciando el tipo de pregunta según la función que nos interese conocer.

Función A. HR en relación con las avenidas

1. ¿El HR está en una zona predominantemente impermeable?
2. ¿Confluyen varios ríos en el HR?
3. ¿Los ríos llevan agua permanentemente?
4. ¿Hay avenidas periódicas del río ?
5. ¿Se produce desbordamiento del río con cierta frecuencia?
6. ¿Se produce desbordamiento del HR alguna vez?
7. ¿Los alrededores del HR están cubiertos por vegetación?
8. ¿El HR está en una zona de relieve pronunciado?

9. ¿Hay entrada de agua desde el río al HR por canales?
10. ¿Hay salida de agua del HR hacia el río por canales?

Función B. HR en relación con la recarga de agua subterránea

Los humedales ribereños a menudo actúan como zonas de recarga de aguas subterráneas.

1. ¿El HR tiene un sustrato predominantemente permeable?
2. ¿Está el nivel freático por debajo del lecho del humedal?
3. ¿Hay confluencia de más de un río en el HR?
4. ¿Hay zonas del HR encharcadas permanentemente?
5. ¿Hay aportes de agua de origen antrópico (derivaciones por canales, trasvases o pozos, o vertidos líquidos urbanos o industriales) al río o HR?
6. ¿Existen obras, (p.ej. presas o diques) que almacenan o retardan el paso del agua en el río o en el HR?
7. ¿Hay canalizaciones de lechos fluviales y/o HR con impermeabilización de obra?
8. ¿Hay entrada de agua desde el río al HR por canales?
9. ¿Hay salida de agua del HR hacia el río por canales?

Función C. HR en relación con la descarga de agua subterránea

El tipo de preguntas que deben realizarse son las mismas que para la función B. De hecho un mismo humedal, dependiendo de la estación del año, del periodo climático, o de variaciones espaciales, podrá tener la función bien de recarga de agua subterránea como de descarga.

Función D.: HR como fuente de flujos superficiales

Preguntas que debemos contestar para aproximarnos a conocer el proceso:

1. ¿El HR está en una zona de contacto entre materiales permeables e impermeable?
2. ¿El HR está en una zona predominantemente impermeable?
3. ¿Hay zonas encharcadas permanentemente?
4. ¿Hay aportes de agua de origen antrópico (derivaciones por canales, trasvases o pozos, o vertidos de residuos líquidos urbanos o industriales) al humedal?
5. ¿EL HR recibe aportes de escorrentía superficial de una amplia zona?

La respuesta a estas preguntas, fase de gabinete a nivel de cuenca y en particular a nivel de humedal (apartados G.1 y G.2), deberían permitirnos hacer una primera valoración (a nivel cualitativo) de las funciones hidrológicas-hidrogeológicas que cumple el humedal que se está estudiando. A medida que se van contestando las preguntas desde un marco de trabajo general hacia un nivel de estudio más detallado, se va acotando y definiendo cómo funciona el humedal, y por tanto avanzando en el árbol de decisiones del que se partía. Este árbol de decisiones está en fase de elaboración y todavía no se ha desarrollado en el FAEWE.

Para el uso de este manual se da por hecho que la persona que está realizando la interpretación tiene unos conocimientos básicos de hidrogeología.

A veces, muchas de las preguntas por falta de documentación no podrán contestarse, por lo que se deberá pasar ineludiblemente a la fase de trabajo de campo (apartado C del índice del FAEWE Procedures). Se entiende que después del trabajo de campo se dispondrá de la información necesaria que nos permita dar respuesta a las sucesivas preguntas que se planteen en el árbol de decisiones.

C. TRABAJO DE CAMPO

C.1. DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOMORFOLÓGICAS

Se trata de dividir el HR en áreas con geomorfología e hidrogeología homogénea, teniendo en cuenta también la vegetación y los suelos (UHGM). Dependiendo de la escala de detalle de trabajo y de la función que se quiera conocer deberán hacerse más o menos subdivisiones (UHGM). En el caso del estudio de las funciones hidrológicas-hidrogeológicas a nivel de humedal, pensamos que puede facilitar mucho el trabajo considerar en lo posible el humedal como una única UHGM, simplificando así la interpretación de la función.

Para definir las UHGM se deberán seguir los siguientes pasos (según el borrador del "FAEWE Procedures"):

1. Delimitación geomorfológica: Consiste en realizar un mapa de pendientes y de las formas más características.

2. Delimitación hidrológica: Se hará una clasificación conjunta con las unidades geomorfológicas en base a los aportes hídricos. Requiere estimaciones de balances hídricos para cada UHGM considerada.

C.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS SOBRE LAS FUNCIONES

En esta fase se intentarán de resolver cuestiones específicas que no se han podido contestar desde gabinete con la documentación bibliográfica. En definitiva se trata de hacer observaciones particulares de campo que puedan repercutir en la función que estamos estudiando. Pueden incluirse todas las preguntas del estudio de gabinete que no se han podido responder.

C.2.1. Funciones hidrológicas

El tipo de preguntas que debemos formular para conocer cada una de las funciones A, B, C, o D, son las siguientes:

1. ¿Hay aportes de agua de origen antrópico (derivaciones por canales, trasvases

o pozos, o vertido de residuos líquidos urbanos o industriales) a los ríos o humedales?

2. ¿Hay zonas encharcadas permanentemente?

3. ¿Existen obras de represamiento, (p.ej. presas o diques) en la UHGM?

4. ¿Hay canalizaciones de lechos fluviales con impermeabilización de obra?

5. ¿Hay pozos en la UHGM?

6. ¿Hay drenaje (mediante zanjas o canales) en las HGMU?

7. ¿Hay edificaciones en la UHGM?

8. ¿Hay cultivos en la UHGM?

9. ¿Hay presencia de turba o materia orgánica en la UHGM?

10. ¿Hay costras salinas en la UGM?

11. ¿Hay presencia de vegetación en la UHGM?

12. ¿Hay entrada de agua desde el río al HR por canales?

13. ¿Hay salida de agua del HR hacia el río por canales?

14. ¿El substrato geológico del HR es permeable o impermeable?

15. ¿El nivel freático está por encima o por debajo del lecho del HR?

16. ¿El río drena o recarga algún acuífero subyacente?

Como puede verse se hacen siempre las mismas preguntas en sucesivas etapas de conocimiento del humedal. Es de suponer que en las fases de trabajo más avanzadas podremos ir contestando más preguntas y aproximarnos a conocer la función que desempeña.

V. VALORACIÓN FUNCIONAL

V.1. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se hace una evaluación de la información recolectada en el trabajo de gabinete y de campo. Para ello está pendiente hacer (dentro del FAEWE-II), el "árbol de decisiones" que mencionábamos al comienzo del capítulo, que permita hacer la valoración de las funciones a partir de las respuestas a las preguntas del tipo que antes formulábamos.

La valoración de la información se puede hacer con distinto detalle según se considere necesario (a nivel cualitativo, cuantitativo o de modelación).

V.1.1. Valoración cualitativa

Como primera aproximación se puede hacer una valoración cualitativa de las funciones hidrológicas a partir de las preguntas anteriormente tratadas. El objetivo final del FAEWE pretende hacer un "árbol de decisiones" en el que se llegue a explicar cada función a un nivel de conocimiento que integre todos los factores; bioquímicos, ecológicos e hidrológicos de una misma UHGM. La integración de todas estas variables es el objetivo final del FAEWE, todavía no alcanzado, y como es lógico no vamos a desarrollar en este capítulo de la Tesis Doctoral.

A continuación se comentan los elementos que deben estudiarse para conocer cuales son las funciones hidrológicas-hidrogeológicas que cumple el humedal desde un punto de vista integrador con las otras funciones.

Las variables o elementos que van a controlar estas funciones son:

1. Procedencia y mecanismo de entrada del agua en el humedal.
2. Topografía
3. Suelos
4. Vegetación

Para el objetivo final del FAEWE y para hacer un árbol de decisiones de valoración, las preguntas deben estar formuladas de tal forma que se contesten con *si*, *no*, *no se sabe* o *no aplicable*, que permitan clasificar el humedal mediante unas claves de manera prácticamente automática. A continuación se muestran algunas preguntas que deben hacerse para conocer las funciones hidrológicas.

1. Procedencia y mecanismos de entrada del agua al humedal

Dependiendo del origen del agua y de su mecanismo de entrada a la UHGM, será posible o no la regulación de las avenidas. Para entender el funcionamiento hidrogeológico del humedal puede ser interesante contestar a las siguientes preguntas.

1. ¿En la UHGM hay aporte de agua superficial por desbordamiento de uno o varios ríos?
2. ¿La UHGM tiene aportes de agua superficial por canales naturales que comuniquen el HR con el río?
3. ¿Hay aportes de agua a la UHGM por escorrentía superficial de la zona periférica?
4. ¿Existe precipitación directa sobre la UHGM?
5. ¿Existe aportación de agua superficial al humedal a través de canales artificiales desde el río?
6. ¿Hay aportes de agua superficial por canales artificiales independientes del río?
7. ¿Hay confluencia en la UHGM (HR) de más de un curso fluvial?
8. ¿Hay aportes permanentes de agua por los cursos superficiales a la UHGM?
9. ¿Hay aporte por bombeos desde pozos exteriores a la UHGM?
10. ¿Hay aporte de agua subterránea al río? (el nivel freático está por encima del lecho del río).
11. ¿Hay aporte de agua subterránea a la UHGM? (el nivel del agua subterránea freático está por encima de la superficie topográfica de la UHGM).
12. ¿Hay flujo de agua por conexión subterránea entre la UHGM y el río?
13. ¿Hay salida de agua de la UHGM por canales naturales que la ponga en conexión con el río principal?
14. ¿Existe salida de agua de la UHGM a través de canales artificiales?
15. ¿Hay salida de agua superficial no canalizada de la UHGM en las avenidas?
16. ¿Hay retención del curso superficial por existencia de diques o represamientos naturales o artificiales?
17. ¿Hay pérdidas de agua en la UHGM por infiltración?

El análisis crítico de las respuestas a estas preguntas, junto con las que se deberán formular para topografía, suelos, y vegetación, nos sirve para conocer la función que desempeña el humedal. Una vez más incidimos en que el "árbol de decisiones" todavía no está establecido y por lo tanto estas preguntas no deben considerarse como definitivas, sino como una aproximación a lo que se pretende llegar.

A partir de la mayoría de las variables que se reflejan en estas preguntas, hemos elaborado para esta Tesis Doctoral un sistema de clasificación de humedales (ver cap. 4.3) cuya base de partida lo constituyen unos esquemas en planta y perfil. La metodología de trabajo que se muestra en el capítulo 4.3 es bastante diferente de la que por ahora se está utilizando en el "FAEWE Procedures" y por ello la presentamos independientemente.

2. Topografía

La importancia de la topografía radica, en gran parte, en el control que va a tener sobre el paso del agua entre distintas UHGMs (mayormente río-humedal o humedal-río).

La influencia de esta variable será estudiada más detenidamente por el grupo de Geografía Física y Análisis Regional de la U.C.M. dentro del FAEWE-II.

A grandes rasgos se deberán evaluar los siguientes aspectos:

- Estudio de la relación río- humedal según la posición topográfica relativa del talweg respecto al fondo del humedal o diferencias de cotas entre UHGMs.
- Posición relativa entre distintas UHGM (lateral, central, aisladas...)

3. Suelos

De igual modo que con la topografía, su estudio forma parte de los objetivos del grupo de Geografía de la U.C.M.

El estudio de suelos interviene en las funciones hidrológicas en los siguientes aspectos:

- Su permeabilidad va a influir en la cuantía de la infiltración del agua y por tanto la relación o conexión entre aguas superficiales y subterráneas.
- El tipo de suelo puede influir sobre la escorrentía superficial en las HGMU.
- El tipo de suelo (p.ej. salinidad o hidromorfismo) puede ser indicativo de la función hidrológica que de está produciendo (recarga o descarga de agua subterránea).

4. Vegetación

La vegetación va a tener una influencia parecida en algunos aspectos a la de los suelos en lo que se refiere a funciones hidrológicas. Puede afectar de la siguiente manera:

- Puede atenuar la velocidad del flujo superficial.
- Influye en la evapotranspiración
- Puede actuar como trampa de sedimentos
- Influye sobre la permeabilidad de la HGMU

El estudio detallado de cómo influye esta variable forma parte del trabajo que debe realizar el grupo de Ecología de la U.A.M. dentro del FAEWE II.

A efectos prácticos, al margen del objetivo final del FAEWE, donde se

pretende integrar todos los elementos que intervienen en una función que tiene un humedal, si lo que ahora interesa es conocer las funciones exclusivamente hidrológicas que desempeña, es preferible considerar grandes UHGMs, de modo que la escala de detalle en el estudio de suelos, vegetación y topografía, sea lo suficientemente sencilla para no requerir de expertos en esas materias. De este modo el hidrogeólogo podrá hacer el sólo la valoración cualitativa que se ha descrito en este capítulo.

V.1.2. Valoración cuantitativa

Esta fase de trabajo se realiza una vez que se conoce el modelo conceptual de cómo funciona el humedal a partir del estudio cualitativo.

Se emplea la misma metodología que en el apartado V.1.1. pero dando respuestas cuantitativas. En el caso de que esto no sea posible o de que los resultados deban ser verificados o bien se quiera obtener información adicional, se pasará a la fase de modelización (V.1.3).

La valoración cuantitativa de las funciones hidrogeológicas del humedal, puede obtenerse de la elaboración de un balance hídrico. Este balance, en principio, deberá ajustarse al esquema que proponemos en el apartado 4.3.4.

A grandes rasgos, el tipo de parámetros que deberemos considerar, son los siguientes:

1. Número de cursos fluviales de categoría parecida confluyen en la HGMU.
2. Preguntas acerca de caudales de ríos.

- Q medio anual.
- Q medio mensual.
- Q medio diario.
- Q máximo.

3. Preguntas sobre dimensiones de ríos (o UHGM en general).

- Profundidad media.
- Anchura media.
- Superficie.

4. Preguntas sobre nº de canales artificiales que llegan a la UHGM y caudales que aportan.

5. Preguntas sobre superficie de la cuenca de la HUGM de influencia directa.

6. Preguntas sobre parámetros meteorológicos: Precipitación, ETP, Temperatura.

7. Pérdidas por infiltración.

8. Salidas de caudales de la UHGM por cursos superficiales.

9. Caudales que llegan a la UGMU por descarga subterránea.

El FAEWE pretende conocer el humedal de un modo cualitativo mediante respuestas a este tipo de preguntas que en su formulación contengan determinados rangos de valores.

V.1.3. Valoración mediante modelos

La aplicación de un modelo numérico puede ser la última fase de trabajo para conocer correctamente el funcionamiento del humedal. Su aplicación requiere de profesionales con experiencia en modelos matemáticos y se entiende que no podrá ser desarrollado por el usuario medio al que inicialmente estaba dirigido el manual "FAEWE Procedurae".

4.3.- CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE HUMEDALES RIBEREÑOS

En los capítulos 4.1 y 4.2 se veía cómo el estudio funcional de un humedal debe hacerse a partir de equipos de trabajo multidisciplinarios, y que para entender su funcionamiento era conveniente reunir la información de todas las disciplinas. Se comentó el manual "FAEWE Procedures" que se está realizando en el proyecto "STEP CT90-0084", y se vio dentro de esa metodología de trabajo, cómo debe ser la aproximación para valorar las funciones hidrológicas según nuestro punto de vista. La valoración funcional del humedal considerando todas las variables (hidrológicas, biogeoquímicas y ecológicas) será el objetivo final de mencionado proyecto.

En este capítulo hacemos una clasificación de humedales según la función hidrogeológica que desempeña, con un planteamiento de trabajo algo distinto al FAEWE. Esta clasificación no pretende ser un manual de valoración de humedales, que como ya se ha visto es un trabajo complejo, pero si se pretende que sea una ayuda al estudioso de los humedales ribereños que facilite la interpretación de los casos particulares que estudie.

El esquema de trabajo que vamos a seguir puede verse en el siguiente índice:

INDICE

- 4.3.1.- Objetivos de la clasificación
- 4.3.2.- Definición de funciones hidrológicas
 - 4.3.2.1.- **Antecedentes**
 - 4.3.2.2.- **Funciones hidrológicas**
- 4.3.3.- Aproximación mediante gráficos al conocimiento de la función que desempeña el humedal (fase cualitativa)
 - 4.3.3.1.- **Método de trabajo.**
 - 4.3.3.2.- **Humedales ribereños en condiciones naturales.**
 - 4.3.3.3.- **Humedales ribereños en condiciones antrópicas.**
- 4.3.4. Balace hídrico del humedal (fase cuantitativa).

4.3.1. Objetivos de la clasificación.

Se trata de ofrecer unas pautas de trabajo a partir de unos esquemas, que sirvan para entender o aproximar a la realidad el funcionamiento hidrogeológico de los humedales ribereños. Además, se hace una valoración de cómo puede intervenir el hombre modificando su función hidrológica, pudiendo ser de utilidad para dar unas bases de conservación y creación de humedales ribereños.

4.3.2. Definición de funciones hidrológicas.

4.3.2.1.- **Antecedentes.**

La clasificación y el esquema de trabajo que proponemos ha tenido la idea en la metodología de Joseph S. Larson, et. al. (1989), quienes utilizan, como indicadores de partida para conocer la función hidrológica del humedal, una serie de dibujos muy representativos y sencillos. El estudio de las posibilidades de interacción entre aguas superficiales y subterráneas está basado, en parte, en los trabajos de Novitzki, (1982), Gilveral, et. al.(1989) y Fetter, (1994).

En las figuras 4.3.a. y 4.3.b. se representan según Novitzki, (1982) algunos esquemas donde pueden verse las componentes del flujo de agua superficial y subterránea en humedales asociados a depresiones. Aunque no se trata de humedales ribereños, es aplicable a nuestro propósito pues con frecuencia están en relación.

Los humedales de depresión alimentados por agua superficial (fig: 4.3.a) se forman en zonas donde la precipitación y aportes por escorrentía superficial exceden a la evapotranspiración e infiltración. En el caso de que el humedal se encuentre por encima del nivel freático actuará como zona de recarga.

Cuando un humedal corta el nivel freático actúa como zona de descarga de agua subterránea (fig: 4.3.b). Dependiendo de los condicionantes climáticos

y de su posición con respecto al nivel freático podrán darse distintos casos.

Gilveral, et. al. (1989), establecen una clasificación hidrológica para los humedales de Inglaterra del Este (ver fig: 4.3.c), donde se estudia el origen de los aportes hídricos al humedal tanto superficiales o subterráneos. Las posibilidades de funcionamiento hidrológico que se contemplan explican las funciones de "descarga de agua subterránea" o "formación de un curso superficial". No se incluye ningún caso donde el humedal funcione como "zona de recarga de agua subterránea", quizás por no existir en la zona de aplicación.

Al establecer la clasificación que proponemos trabajando en una zona piloto de clima semiárido (La Mancha), se van a poder definir otros tipos funcionales de humedales que no se reflejaban en las clasificaciones anteriores, establecidas mayormente a partir de regiones de clima húmedo. Se tendrá en cuenta además, la actuación del hombre sobre los humedales y la posibilidad de crear humedales artificiales.

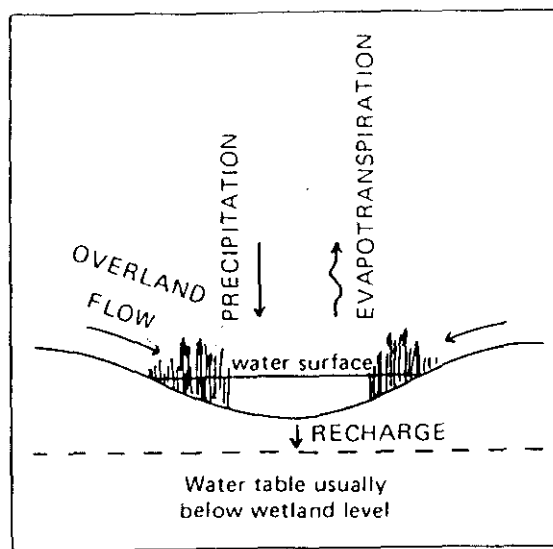


Fig. 4.3.a.- Humedales de depresión alimentados por agua superficial
(según Novitzki R.P.,1982)

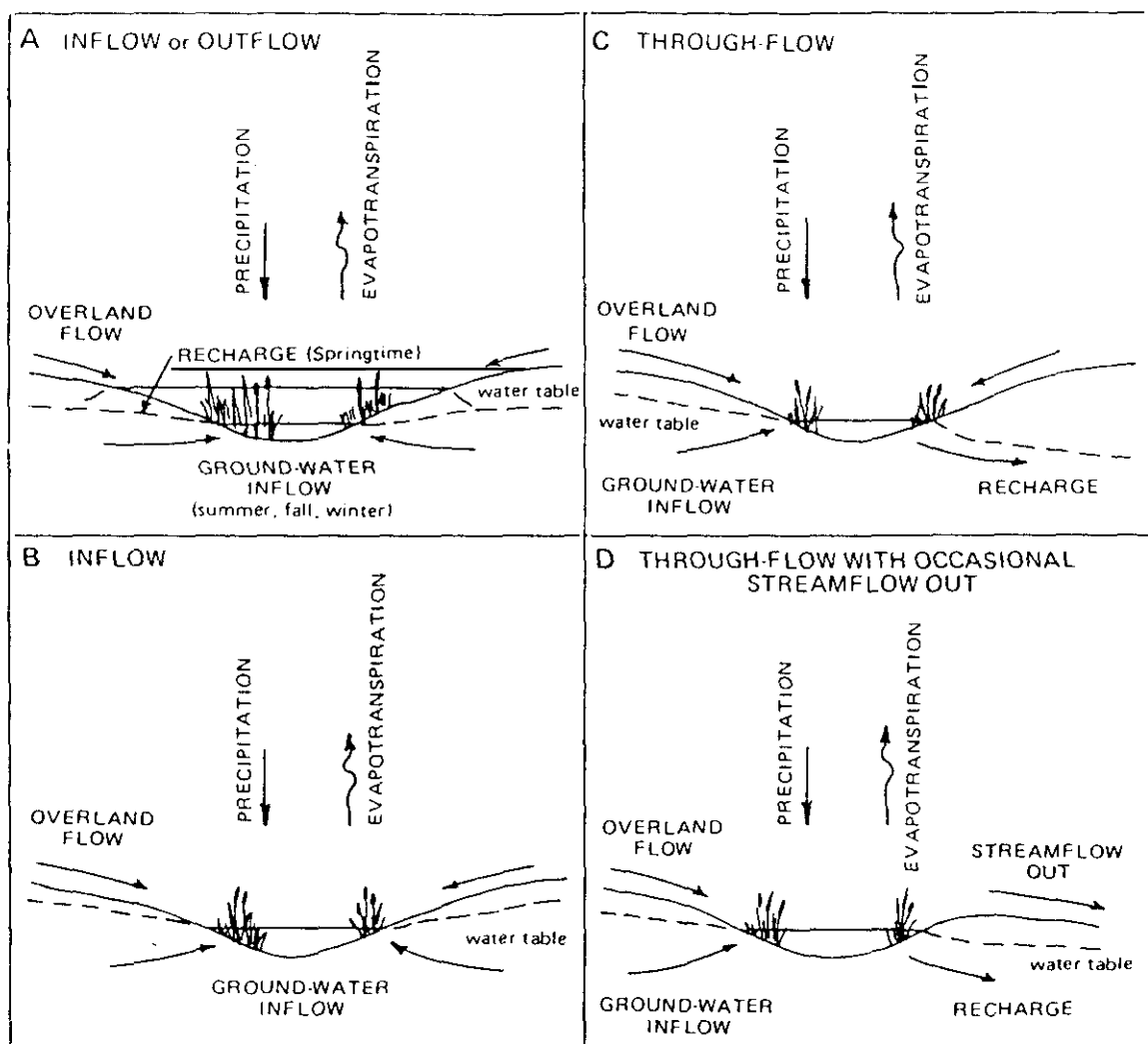
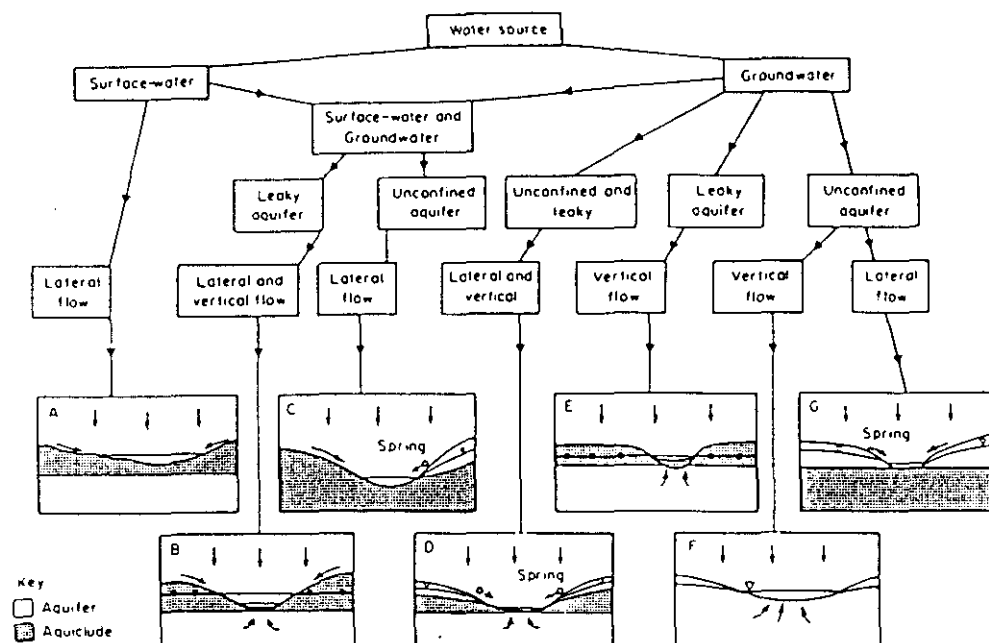


Fig. 4.3.b.- Humedal como zona de descarga de agua subterránea
(según Novitzki R.P.,1982)



| Class | Input | Topography | Geology in catchment |
|-------|---|--|--|
| A | Surface-water runoff only | Often in topographic hollow, also valley | Clay predominates |
| A' | Overbank flooding | Low relief adjacent to river | Clay predominates |
| B | Leaky aquifer and some surface-water | Shallow valley | Low permeability but mixed—sand may exist; tufa? |
| C | Groundwater from superficial deposits | Shallow valley | Mixed typical clay-sand-gravel drift |
| D | Groundwater from superficial deposits and underlying main aquifer | Valley or closed depression | Sands and gravel over clays over major aquifer |
| E | Leaky aquifer | Closed depression, e.g. pingo | Clay overlying major aquifer, lateral isolated typical "pingo" |
| F | Unconfined main aquifer | Wide range | No superficiais. Main aquifer rock outcropping |
| G | Unconfined superficial aquifer | Shallow valley | Superficial sands and gravels overlying clays |

Fig. 4.3.c.- Clasificación hidrológica de los humedales de Inglaterra del Este (según Gilveral, D.J. et. al., 1989)

4.3.2.2. Funciones hidrológicas.

Las funciones hidrológicas que puede desempeñar un HR son las ya definidas por autores anteriores (Burke et al. 1988; Larson, et al. 1989; Brinson, 1993; entre otros), utilizadas también en el "FAEWE Procedures", que ya fueron tratadas en detalle en el capítulo 4.2.3. apartado G.1.2:

- 1.- HR en relación con las avenidas
- 2.- HR en relación con la recarga de aguas subterráneas.
- 3.- HR en relación con la descarga de aguas subterráneas
- 4.- HR como generación de flujos superficiales

Como advertencia diremos que la función que desempeña un humedal puede no ser constante ni en el tiempo ni en el espacio. Por ello su estudio deberá estar referido siempre a un momento determinado y a una zona específica.

4.3.3.- Aproximación mediante gráficos al conocimiento de la función que desempeña el humedal

4.3.3.1.- Método de trabajo

Pueden existir muchas posibilidades de relación entre el río y el humedal ribereño. Como aproximación para conocer cuál es la función que tiene el humedal en distintas situaciones, se han considerado una serie de esquemas, en total seis casos o modelos (ver fig. 4.3.d), que representan el humedal en planta y que aisladamente o combinando distintas posibilidades, pueden explicar gran parte de los humedales ribereños de clima semiárido. Cada modelo o "caso" de partida se ha denominado con las siglas de la "C1" a la "C6".

La interpretación funcional del humedal se hace a partir de secciones verticales a los seis "casos" definidos (figuras 4.3.e a 4.3.j) que tendrán distintas características según los siguientes indicadores:

- 1.- Posición del nivel freático con respecto al río y humedal.
- 2.- Posición topográfica del humedal con respecto al río.
- 3.- Existencia de elevaciones y canales que independicen o comuniquen el río con el humedal.
- 4.- Permeabilidad del substrato geológico.

Para explicar la función que desempeña el humedal en esta clasificación, se han utilizado las siglas "CA" para la función de control de avenidas, "RAS" para la recarga de agua subterránea, "DAS" para descarga de agua subterránea y "FR" para el caso de que el HR funcione como fuente de ríos. Estas siglas se acompañan de una letra minúscula que indica distintas posibilidades según sean los indicadores antes mencionados. Así pues, por ejemplo "C1.RASa", significa Caso 1 (fig. 4.3.d), función de recarga de agua subterránea, posibilidad primera (ver fig: 4.3.e).

A modo de síntesis, el método para utilizar esta clasificación y poder interpretar cómo funciona el humedal, debe seguir los siguientes pasos:

- 1.- Identificar el humedal que se esté estudiando con alguno de los esquemas en planta que han sido definidos (casos del C.1 al C.6, fig: 4.3.d).
- 2.- Ver si los indicadores (ver 4.3.3.1) que se suponen para explicar cada función se dan en el caso a estudiar.
- 3.- Relacionar el caso real con alguno de los perfiles transversales que explican cada función (fig: 4.3.e. a fig: 4.3.d.)

Si no se ha podido asimilar el caso real a ninguno de los descritos, o bien se quiere conocer el humedal con detalle a un nivel cuantitativo, se deberá pasar a la fase siguiente que consiste en realizar un balance hídrico del humedal según la metodología del apartado 4.3.4.

Para conocer la función que desempeña el humedal hemos estudiado por separado los humedales ribereños bajo un régimen natural y los humedales que han tenido modificaciones antrópicas (fig: 4.3.d y fig: 4.3.k respectivamente). El estudio de éstos últimos tiene importancia para dar unas bases con las que poder restaurar humedales ribereños en peligro de extinción o crear nuevos.

4.3.3.2.- Humedales ribereños en condiciones naturales

En este apartado se estudian los humedales ribereños cuyo funcionamiento no está regulado por el hombre mediante canalizaciones, presas, bombeos, etc...

Para definir cada caso concreto de estudio se necesita conocer los indicadores mencionados en el apartado 4.3.3.1. Los modelos de humedales que

se van a describir pueden verse en la figura 4.3.d.

*** Caso-1**

"El HR está en contacto con el río por medio de una superficie amplia, marginal al cauce principal".

La función que desempeña el HR está controlada por unos indicadores determinados cuya representación e interpretación puede seguirse en los perfiles que se irán describiendo sucesivamente (fig: 4.3.e).

a/ Función de control de avenidas.

Indicadores:

- El nivel del agua en el río está por debajo o a la misma cota que en el humedal.
- El humedal se encuentra topográficamente por encima del río.
- El humedal no está independizado del río por barreras de cierta importancia.
- El substrato geológico puede ser permeable o impermeable.

*** Caso "C1.CAa"**

En este caso se supone que el conjunto río- humedal tiene un substrato permeable y el río puede estar o no en conexión con el acuífero (1). Durante la crecida el nivel del agua en el río asciende (2) inundando los humedales ribereños que actuarán laminando la crecida (fig: 4.3.e).

* Caso "C1.CAb"

Se trata del mismo caso que el anterior pero con un sustrato geológico impermeable. Durante las crecidas el nivel del agua en el río sube con mucha rapidez inundando los humedales ribereños (fig: 4.3.e).

En los casos "C1.CAa" y "C1.CAb" el nivel inicial del agua en río puede inundar parcialmente el humedal o estar por debajo. La función laminadora del humedal será mayor, en principio, cuanto más secos estén el río y el humedal en la situación de partida. Para unas mismas condiciones, la laminación de la avenida será mayor en el caso de tener un sustrato permeable "C1.CAa" que impermeable "C1.CAb".

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal puede estar independizado del río por pequeñas barreras que retengan el agua tras una avenida.
- El sustrato geológico del humedal debe ser permeable.

* Caso "C1.RASa"

Puede darse después de una crecida del río según el caso "C1.CAa". El nivel del agua tras alcanzar la máxima cota (2), comienza a descender a favor de

un drenaje que se produce mayormente por el río. Parte del agua puede quedar retenida inundando parcialmente el humedal (3) y favorecer así la recarga de agua subterránea (fig: 4.3.e).

* Caso "C1.RASb"

Se supone que el río discurre por un sustrato impermeable y está sensiblemente por encima del humedal. El proceso de inundación del humedal y recarga del acuífero tiene lugar del mismo modo que en el del caso "C1.RASa" (fig: 4.3.e).

c/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal puede estar independizado o no del río por pequeñas barreras.
- El sustrato geológico del humedal debe ser permeable.

* Caso "C1.DASa"

El conjunto humedal y río están drenando un acuífero. El sustrato geológico debe ser predominantemente permeable para que esto ocurra (fig: 4.3.e).

*** Caso "C1.DASb"**

El río y humedal están en una zona de contacto entre materiales permeables y impermeables. El humedal es zona de descarga de agua subterránea. Está en contacto con el río durante periodos de crecidas y desbordamiento del mismo (fig: 4.3.e), o en épocas de mayor descarga de agua subterránea.

d/ Función como fuente de ríos.

Esta función no se da en el caso que estamos analizando.

*** Caso 2:**

"El HR está comunicado con el río sólo a través de un canal por el que le entra agua. El HR no tiene conexión superficial con el río que permita su vaciado".

a/ Función de control de avenidas.

Indicadores:

- El nivel del agua en el río está por debajo de la base del canal que comunica con el humedal.
- El humedal se encuentra topográficamente por encima del río.
- El humedal está en conexión con el río sólo por un canal o canales que permiten la entrada de agua con facilidad.
- El substrato geológico puede ser permeable o impermeable.

*** Caso "C2.GAa"**

La inundación del humedal se produce por la entrada de agua desde el río, a favor de un canal durante una crecida. La función laminadora de avenidas en este caso es inferior que la del "C1.CAa", pues la superficie de paso por la que entra agua al humedal desde el río es menor (fig: 4.3.f).

* Caso "C2.CAb"

Es igual que el "C2.CAa" pero con un substrato impermeable. El efecto laminador de avenidas bajo las mismas condiciones que "C2.CAa" es inferior (fig:4.3.f).

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permite la entrada de agua.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

* Caso "C2.RASa"

La entrada de agua al humedal se produce a favor de un canal durante una crecida. Cuando el nivel del agua en el río ha descendido y se ha estabilizado, el agua almacenada en el humedal no puede salir por canales superficiales y se infiltra recargando el acuífero. Esta función con frecuencia puede suceder a

continuación de la descrita en "C2.CAa" como laminadora de avenidas (fig: 4.3.f).

* Caso "C2.RASb"

El río discurre por materiales impermeables y el humedal se encuentra sobre materiales permeables. Cuando el nivel del río asciende puede entrar agua al humedal por algún canal que los conecta. El agua en el humedal se infiltra recargando el acuífero subyacente (fig: 4.3.f).

c/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permite la entrada de agua.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

* Caso "C2.DASa"

El río y acuífero son zonas de descarga de agua subterránea. Tienen conexión subterránea y por un canal que durante las crecidas del río permite la entrada de agua al humedal (fig: 4.3.f).

* Caso "C2.DASb"

El río y el humedal están en zona de contacto entre materiales permeables e impermeables. El humedal es zona de descarga de agua subterránea. La conexión con el río tendrá lugar a través de un canal, que permita el paso del agua cuando el nivel en el río esté suficientemente alto (fig: 4.3.f).

d/ Función como fuente de ríos.

Esta función no se da en el caso que estamos analizando.

* Caso-3

"El HR está en contacto con el río sólo a través de un canal por el que hay un flujo de agua desde el humedal hacia el río".

a/ Función de control de avenidas.

Si suponemos que la única conexión entre río y humedal es a través del canal esta función no se puede dar.

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal está topográficamente por encima del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permite la salida de agua.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

Esta función sólo se dará cuando el humedal tenga una cuenca receptora suficientemente amplia que permita su encharcamiento por escorrentía superficial procedente de la precipitación.

* Caso "C3-RASa"

El humedal recibe aportes procedentes de escorrentía superficial. La conexión con el río se produce de forma subterránea o a través de algún canal. Si el drenaje del humedal hacia el río por el canal es lento, se produce la recarga de agua subterránea (fig: 4.3.g).

d/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal está topográficamente por encima del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permire la salida de agua.
- El substrato geológico debe ser permeable.

* Caso "C3-DASa"

Tanto el río como el humedal son zona de descarga de agua subterránea. La conexión entre humedal y río es subterránea y superficial por un canal (fig: 4.3.g).

*** Caso "C3.DASb"**

El río y el humedal están en una zona de contacto entre materiales permeables e impermeables. El humedal es zona de descarga de agua subterránea y está conectado con el río por un canal a través del cuál le da agua (fig: 4.3.g).

d/ Función como fuente de ríos.

Esta función tendría lugar bajo las mismas condiciones que la de descarga subterránea descrita en "C3.DASa" y "C3.DASb", si suponemos que el río nace allí mismo. Su nomenclatura sería "C3.FRa" y "C3.FRb" respectivamente.

*** Caso 4:**

"El HR está en contacto con el río a través de canales que permiten la entrada y salida de agua. Un ejemplo muy común de este caso pueden ser los meandros abandonados de los ríos".

a/ Función de control de avenidas.

Indicadores:

- El nivel del agua en el río está por debajo de la base del canal que comunica con el humedal.
- El humedal se encuentra topográficamente por encima del río.
- El humedal está en conexión con el río por un canal o canales que permiten la entrada y salida del agua con facilidad.
- El substrato geológico puede ser permeable o impermeable.

Son aplicables los esquemas de los casos "C2.CAa" y "C2.CAb", si suponemos que además hay salida de agua desde el humedal por canales superficiales. Se trata de los casos "C4.CAa" y "C4.CAb" respectivamente (fig: 4.3.h).

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima del lecho del río.
- El humedal está conectado con el río por canales que permiten la entrada de agua y otros que permiten en menor medida la salida.
- El substrato geológico del humedal debe ser de permeable.

Son aplicables los esquemas de los casos "C2.RASa", "C2.RASb", "C3.RASa" con canales de entrada y otros de salida del agua. Respectivamente se trata de "C4.RASa", "C4.RASb" y "C4.RASc" (fig: 4.3.h).

c/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal está topográficamente por encima o por debajo del

lecho del río.

- El humedal está conectado con el río por canales que permiten la entrada y salida de agua.
- El substrato geológico debe ser permeable.

Son aplicables los esquemas de los caso "C2.DASa" y "C2.DASb". Sus equivalentes para la situación que estamos estudiando son "C4.DASa" y "C4.DASb" respectivamente (fig:4.3.h). Para evitar errores en la interpretación de esta figura,

d/ Función como fuente de ríos

Esta función no se da en el caso que estamos analizando.

*** Caso-5**

"El HR está en contacto con el río por medio de una superficie amplia y es zona de confluencia de un arroyo y un río".

a/ Función de control de avenidas

Indicadores:

- El nivel del agua en el río está por debajo o a la misma cota que en el humedal.
- El humedal se encuentra topográficamente por encima del río.
- El humedal recibe aportes superficiales desde un arroyo.

- El sustrato geológico puede ser permeable o impermeable.

Son aplicables los esquemas de los casos "C1.CAa" y "C1.CAb" añadiendo aportación superficial desde un arroyo. Se trataría por tanto de "C5.CAa" y "C5.CAb" respectivamente (fig: 4.3.i). Para evitar errores en la interpretación de estas figuras, recordamos que los dibujos están indicando la confluencia entre arroyo y humedal, y no desbordamiento del arroyo como podría parecer.

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal puede estar independizado del río por pequeñas barreras que retengan el agua tras una avenida.
- El sustrato geológico del humedal debe ser de permeable.

Se daría tras una crecida del río bajo las mismas condiciones que los casos "C1.RASa" y "C1.RASb", incluyendo un aporte adicional de agua desde un arroyo. Se trata por tanto de los casos "C5.RASa" y "C5.RASb" respectivamente (fig: 4.3.i).

En estos casos, la inundación del humedal se produce bien por desbordamiento del río, bien por aportes superficiales desde un arroyo, o por combinación de ambos. El humedal está en contacto con el río por conexión superficial y subterránea. Cumple la función de recarga de agua subterránea.

c/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal puede estar topográficamente por encima o por debajo del lecho del río.
- El humedal puede estar independizado o no del río por pequeñas barreras.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

El esquema es similar a los casos "C1.DAs" y "C1.DASb" con un aporte adicional de aguas superficial.

* Caso "C5.DASa"

El conjunto de arroyo, humedal y río son zona de descarga de agua subterránea. En función de la permeabilidad del substrato, del sentido de flujo subterráneo y del gradiente del nivel freático, podrán darse variaciones sobre este mismo caso (fig:4.3.i).

* Caso "C5.DASb"

El río y humedal, o al menos el humedal, son zona de descarga de agua subterránea. El arroyo que confluye en el humedal discurre por un substrato impermeable y está desconectado del acuífero (fig: 4.3.i).

d/ Función como fuente de ríos.

Esta función no se da en este caso.

*** Caso-6**

"El HR está en contacto con el río sólo a través de un canal por el que hay un flujo de agua desde el humedal hacia el río. El humedal recibe aportes desde un arroyo independiente del río principal".

a/ Función de control de avenidas.

Si suponemos que la única conexión entre río y humedal es a través del canal esta función no se puede dar.

b/ Función de recarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por debajo del nivel del agua en el humedal.
- El humedal está topográficamente por encima del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permite la salida de agua.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

*** Caso "C6-RASa"**

El humedal recibe aportes procedentes de un arroyo. La conexión con el

río se produce de forma subterránea o a través de algún canal. El agua a su paso por el humedal puede quedar retenida actuando como balsa de recarga (fig: 4.3.j).

c/ Función de descarga de agua subterránea.

Indicadores:

- El nivel del agua en el acuífero está por encima del nivel del agua en el humedal.
- El humedal está topográficamente por encima del lecho del río.
- El humedal sólo está conectado con el río por un canal que permite la salida de agua.
- El substrato geológico del humedal debe ser permeable.

Los casos en que pueden darse son parecidos a los descritos en "C3.DASa" y "C3.DASb".

* Caso "C6.DASa"

Tanto el río como el humedal son zona de descarga de agua subterránea. El humedal recibe aportes desde un arroyo que está drenando, en parte, el acuífero. La conexión entre humedal y río puede ser subterránea y superficial por un canal (fig: 4.3.j).

* Caso "C6.DASb"

Se da bajo las mismas condiciones que el caso "C6.DASa" con la diferencia que el arroyo que alimenta el humedal está desconectado del acuífero (fig: 4.3.j).

* Caso "C6.DASc"

Humedal y arroyo se encuentran sobre materiales permeables y son zonas de descarga de agua subterránea. El río está en materiales impermeables y recibe agua desde el humedal a través de un canal (fig: 4.3.j).

d/ Función como fuente de ríos.

Esta función tendría lugar bajo las mismas condiciones que la de descarga subterránea descrita en "C6.DASa", "C6.DASb" o "C6.DASc", si suponemos que el río nace allí mismo. Se trataría respectivamente de los casos "C6.FRa", "C6.FRb" y "C6.FRc".

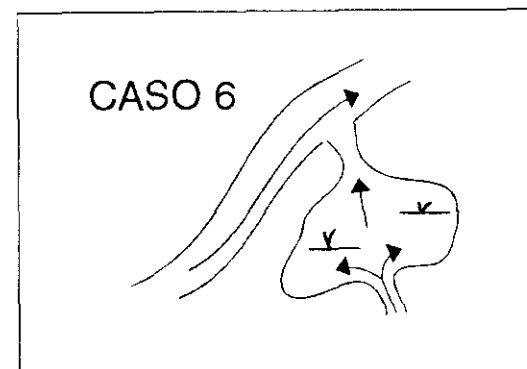
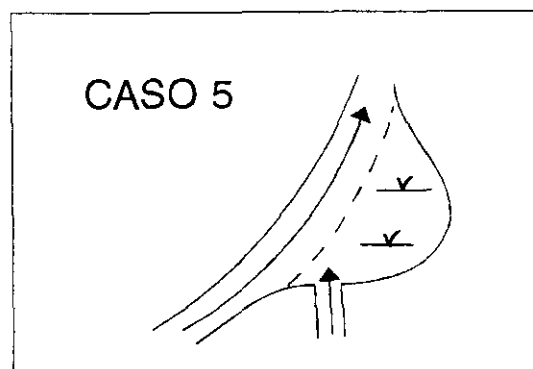
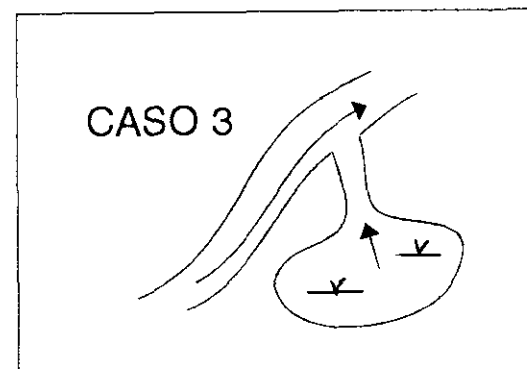
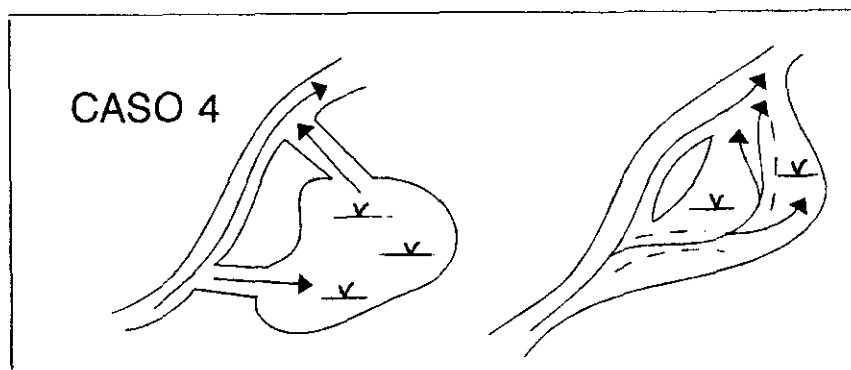
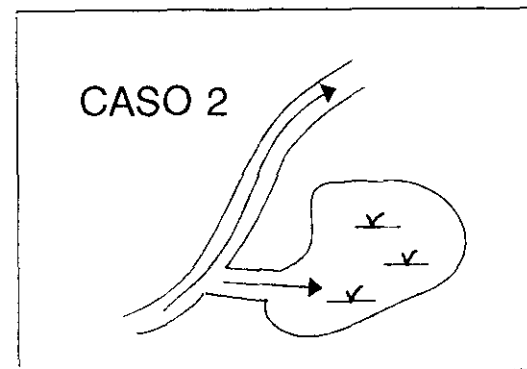
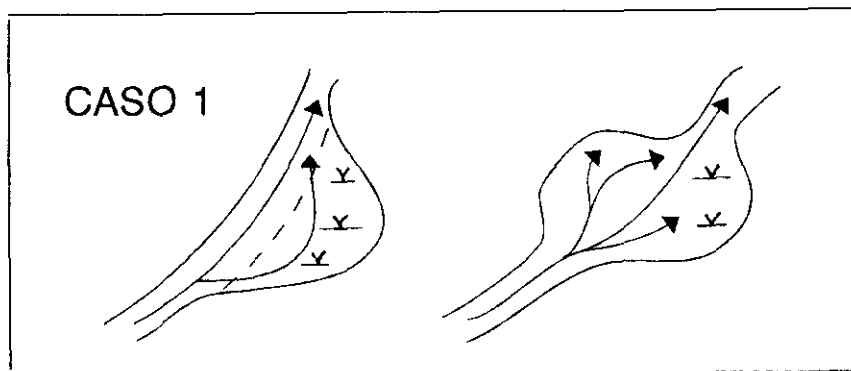


Fig. 4.3.d.- Esquemas en planta de los posibles tipos de humedales ribereños

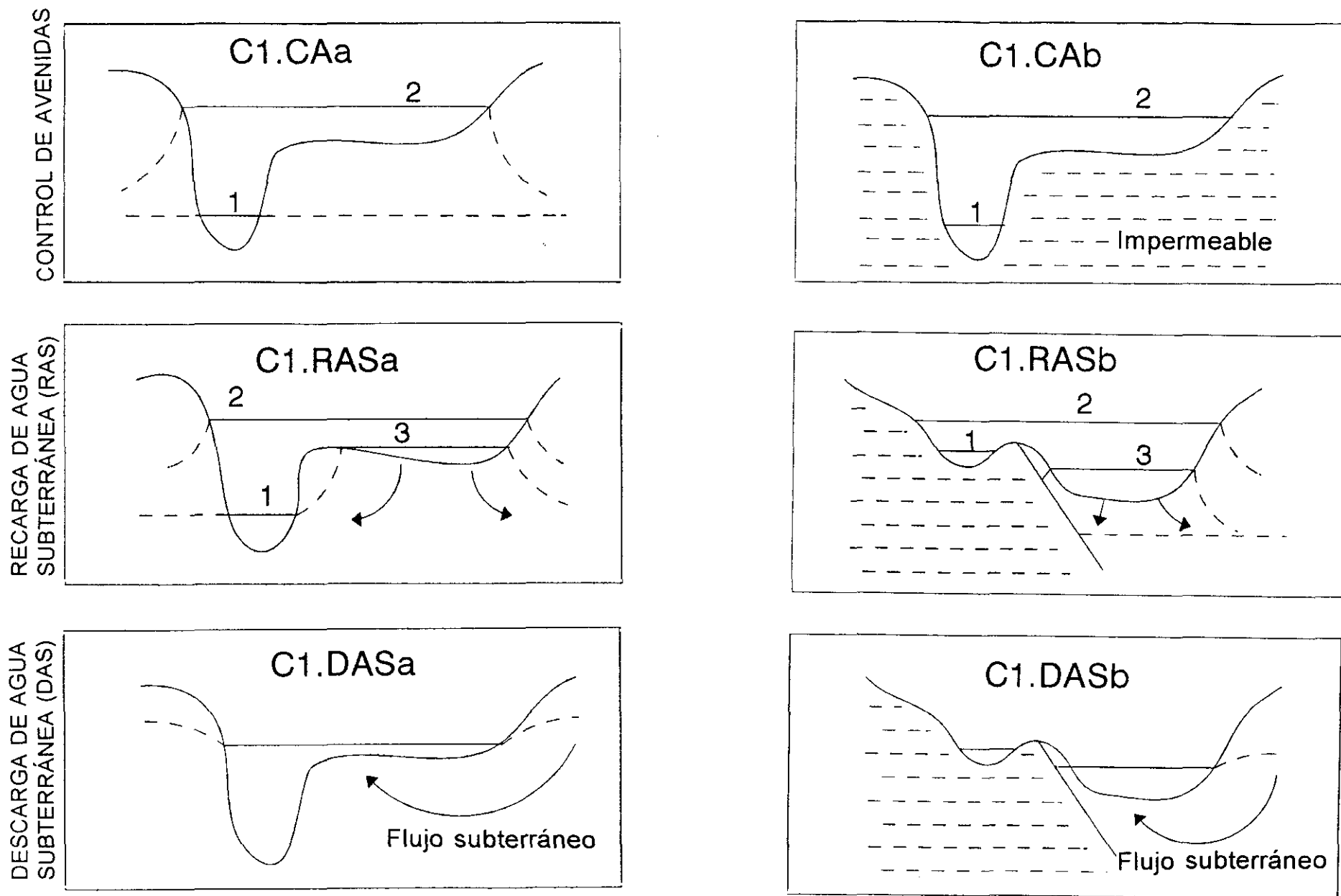
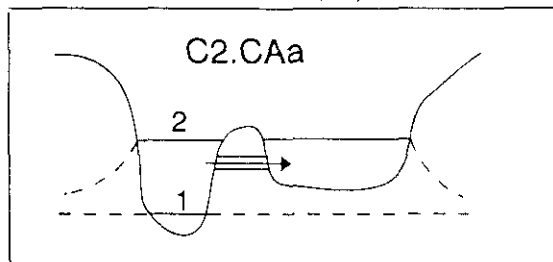
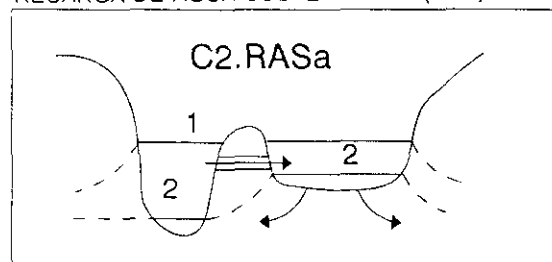


Fig. 4.3.e.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 1"

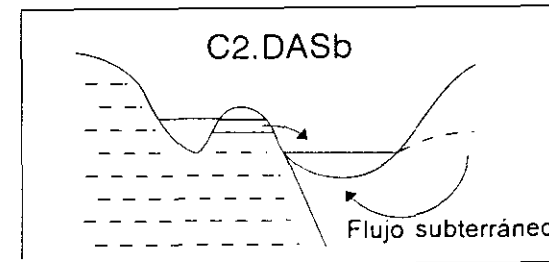
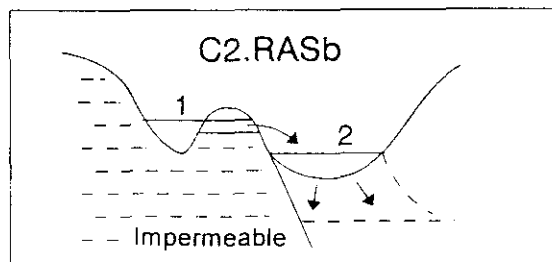
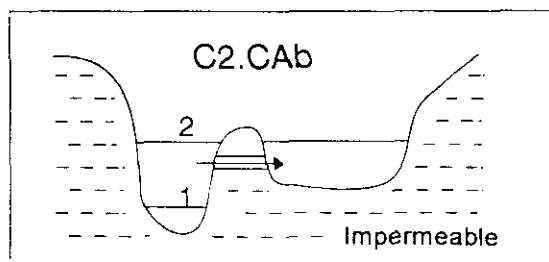
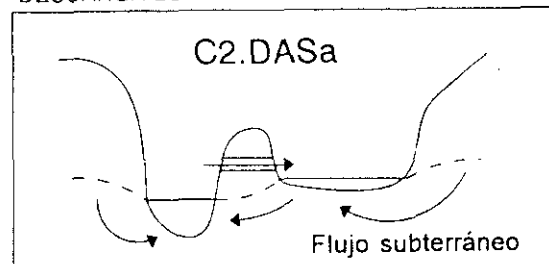
CONTROL DE AVENIDAS (CA)



RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (RAS)



DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DAS)



MATERIALES IMPERMEABLES



MATERIALES PERMEABLES



CONEXIÓN ENTRE RÍO Y HUMEDAL
POR UN CANAL DE ENTRADA O
SALIDA DE AGUA



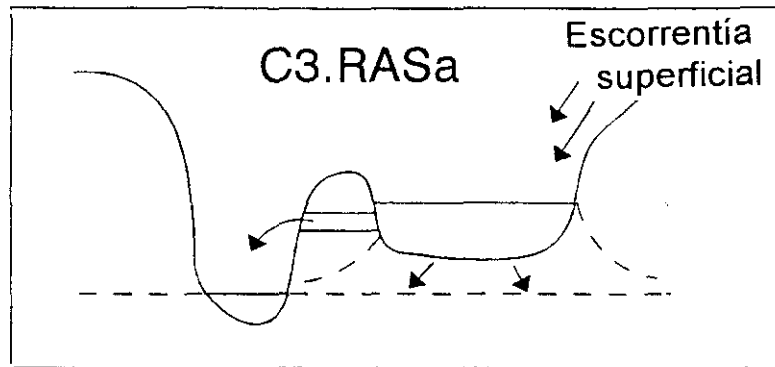
LÍNEA DE FLUJO SUBTERRÁNEO.



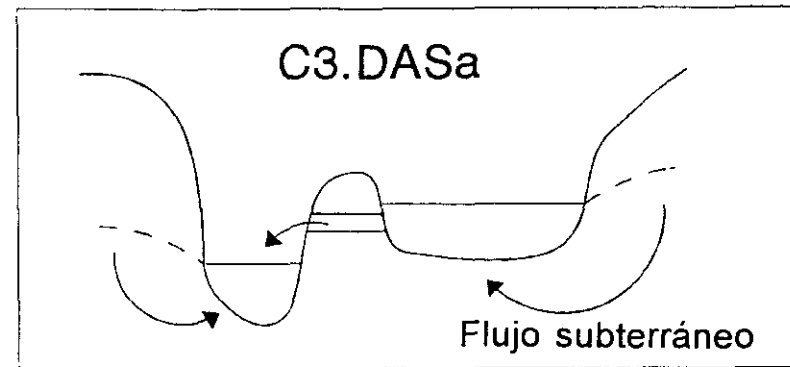
SECUENCIA TEMPORAL DEL NIVEL DEL
AGUA EN EL RÍO

Fig. 4.3.f.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 2"

RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (RAS)



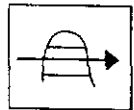
DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DAS)



MATERIALES IMPERMEABLES



MATERIALES PERMEABLES



CONEXIÓN ENTRE RÍO Y HUMEDAL
POR UN CANAL DE ENTRADA O
SALIDA DE AGUA

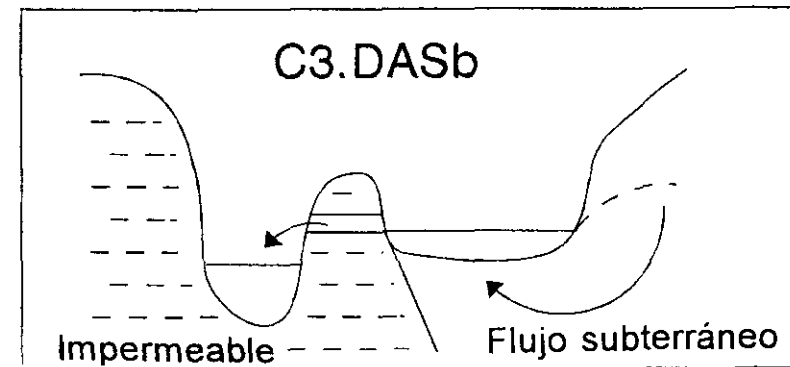
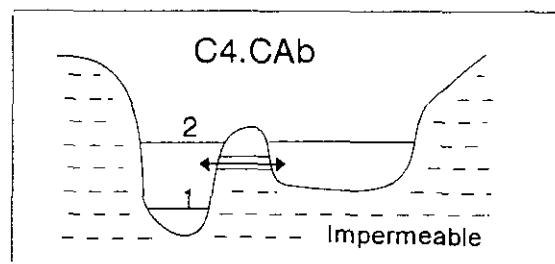
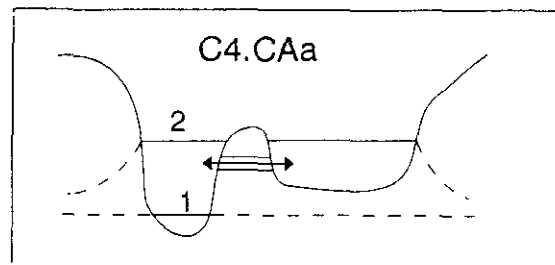
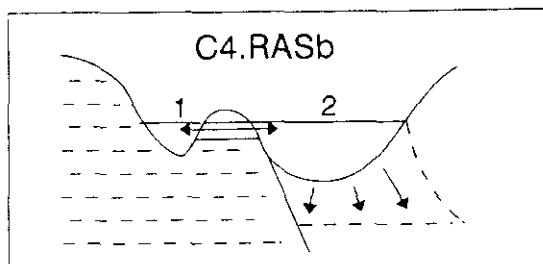
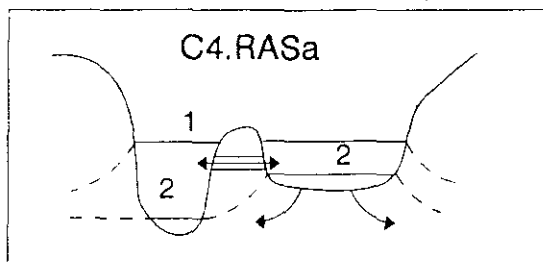


Fig. 4.3.g.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 3"

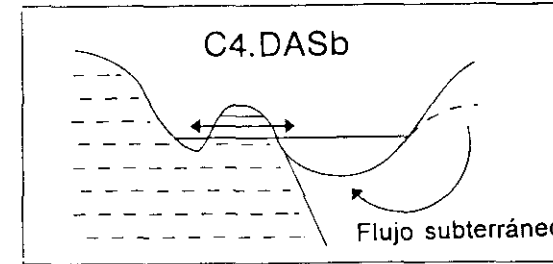
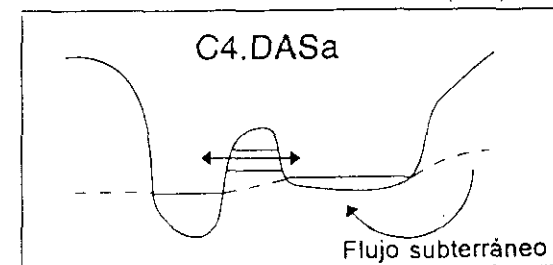
CONTROL DE AVENIDAS (CA)



RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (RAS)



DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DAS)



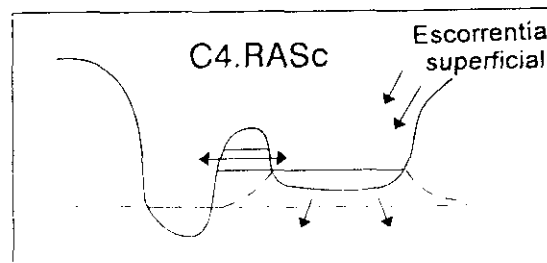
MATERIALES IMPERMEABLES



MATERIALES PERMEABLES



CONEXIÓN ENTRE RÍO Y HUMEDAL
POR UN CANAL DE ENTRADA Y OTRO
DE SALIDA DE AGUA



LÍNEA DE FLUJO SUBTERRÁNEO.



SECUENCIA TEMPORAL DEL NIVEL DEL
AGUA EN EL RÍO

Fig. 4.3.h.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 4"

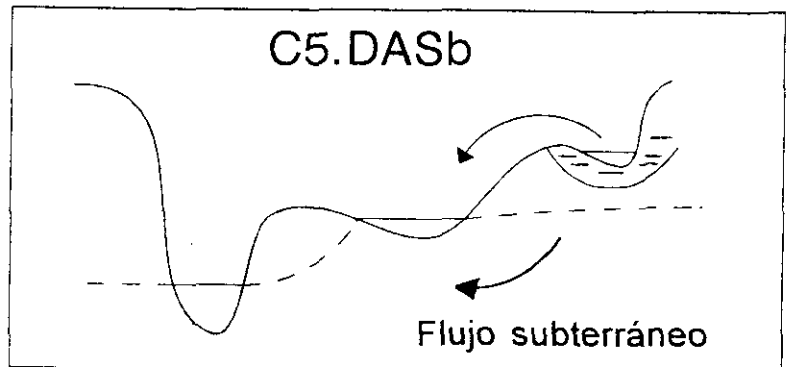
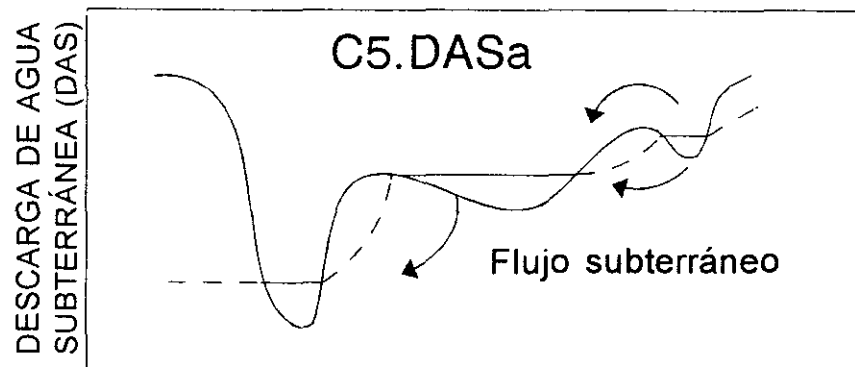
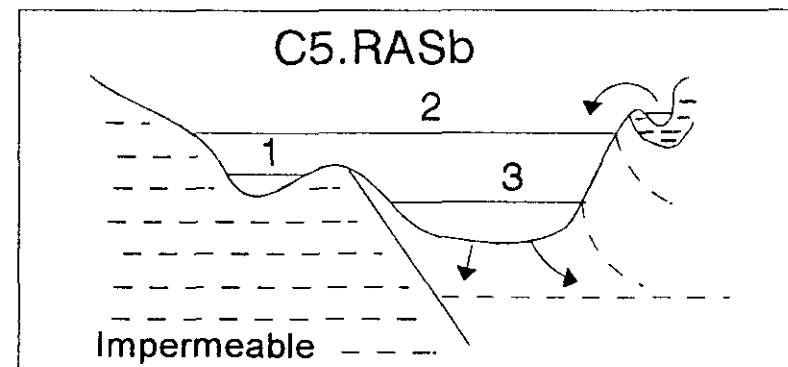
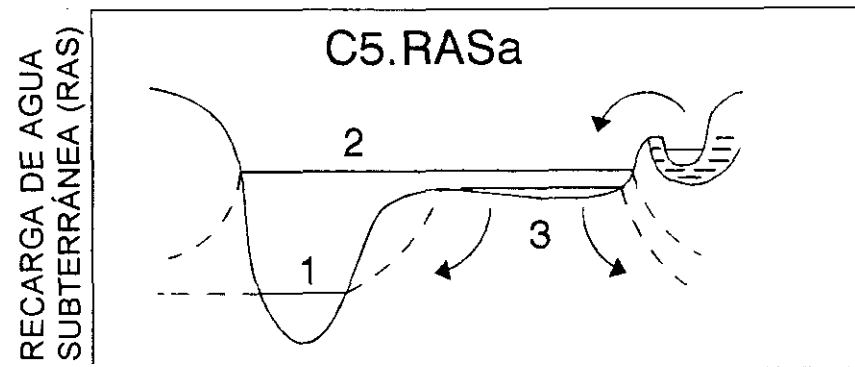
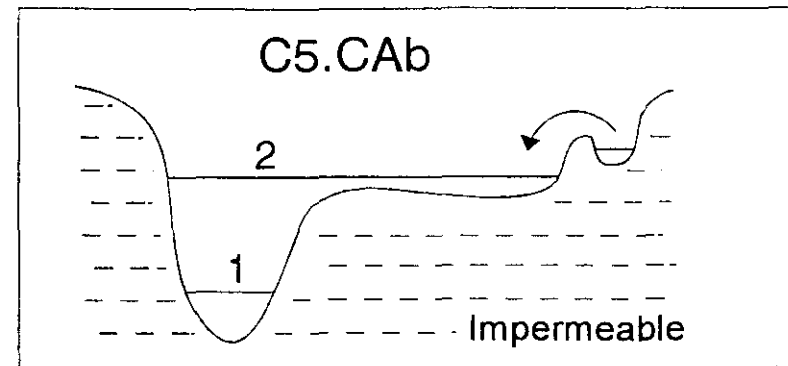
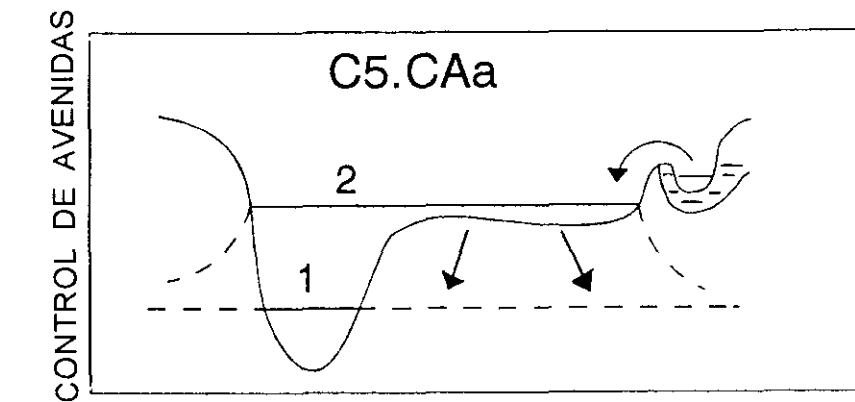
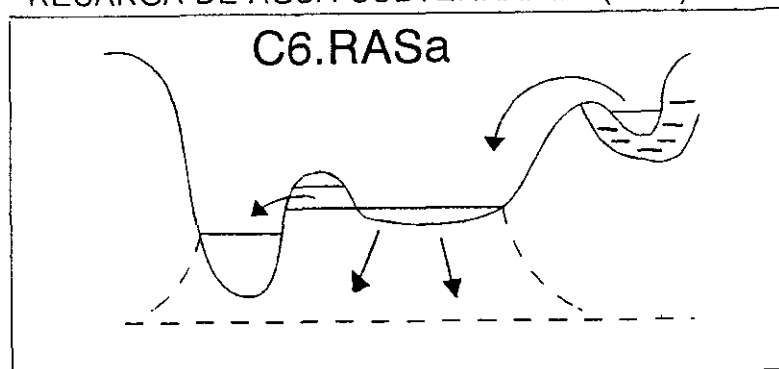
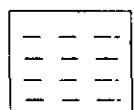
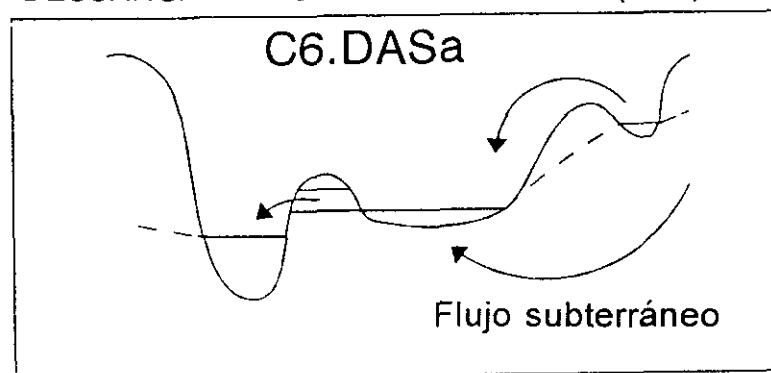


Fig. 4.3.i.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 5"

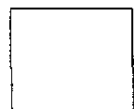
RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (RAS)



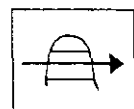
DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DAS)



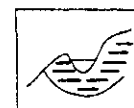
MATERIALES IMPERMEABLES



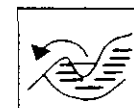
MATERIALES PERMEABLES



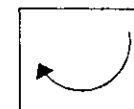
CONEXIÓN ENTRE RÍO Y HUMEDAL
POR UN CANAL DE ENTRADA O
SALIDA DE AGUA



ARROYO CON LECHO IMPERMEABLE



CONFLUENCIA ENTRE ARROYO Y
HUMEDAL (NO INDICA DESBORDAMIENTO
DEL ARROYO).



LINEA DE FLUJO SUBTERRÁNEO.

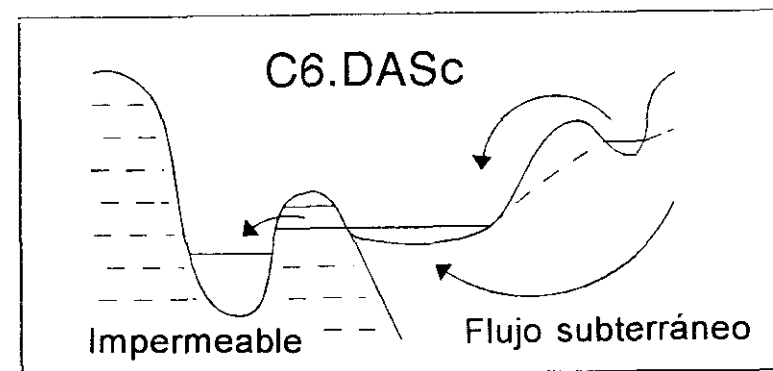
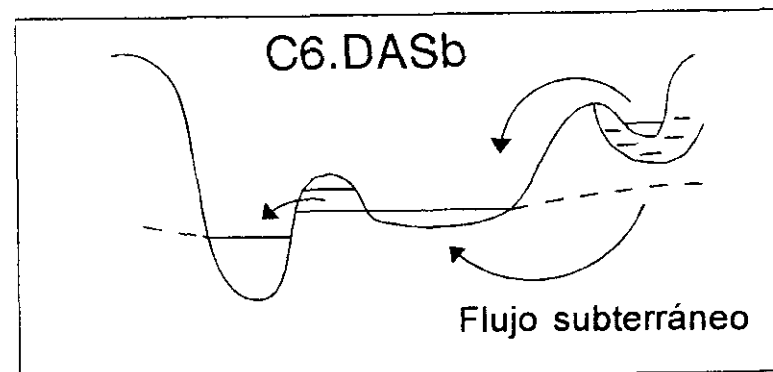


Fig. 4.3.j.- Perfiles de funcionamiento hidrogeológico para el "caso 6"

4.3.3.3.- Humedales ribereños en condiciones antrópicas

Con frecuencia los humedales tienen intervenciones del hombre por razones muy diversas; aprovechamiento del agua, uso de tierras para cultivo, creación de lagunas artificiales, etc..

En este apartado se comentan las formas más comunes que hay para regular el funcionamiento de un humedal según los mecanismos que se ha observado en la zona de La Mancha (Tablas de Daimiel, Ojos del Guadiana, Masegar, Vadáncho, etc...) .

La explicación que se hace se basa en los seis casos estudiados en el apartado anterior (fig: 4.3.d), en los que se introducen las distintas actuaciones posibles (ver fig: 4.3.k y 4.3.l).

Los factores que comunmente afectan al funcionamiento del humedal son:

- 1.- Canales de drenaje.
- 2.- Malecones o cespederas entre el río y el humedal.
- 3.- Presas.
- 4.- Barreras de retención.
- 5.- Compuertas entre el río y el humedal.
- 6.- Aportes hídricos artificiales por zanjaz y tuberías.
- 7.- Bombeos desde pozos.

Para conocer la función del humedal en cada situación particular, deberemos combinar los factores antrópicos que podamos introducir, con las distintas posibilidades de funcionamiento hidrogeológico estudiadas en el apartado anterior (figuras 4.3.e a 4.3.j).

A continuación se comenta de forma genérica cómo pueden afectar cada uno de los factores antes mencionados sobre el funcionamiento del humedal.

1. Canales de drenaje.

Contribuyen al vaciado del humedal. Esta actuación produce un descenso de la cota de saturación en la zona pantanosa.

2. Malecones o cespederas entre el río y humedal.

Dificultan la conexión superficial entre el río y el humedal en ambos sentidos. Impiden la función del humedal como control de avenidas y puede favorecer la de recarga de agua subterránea desde el humedal.

3. Presas.

Retienen el agua en el río contribuyendo a la inundación del humedal ribereño. Favorecen la función de recarga de agua subterránea desde el humedal y puede ser un elemento artificial de control de avenidas.

4. Barreras de retención.

Son barreras abiertas interiores al humedal. Actúan disminuyendo la velocidad del agua. Pueden contribuir a la recarga de agua subterránea y control de avenidas.

5. Compuertas entre el río y el humedal.

Permiten el paso del agua entre el río y humedal en uno o en ambos sentidos. Según se utilicen, pueden favorecer el control de las avenidas o la recarga de agua subterránea desde el humedal.

6. Aportes hídricos artificiales por zanias y tuberías.

Actúan del mismo modo que los aportes naturales desde arroyos, pero con

un caudal regulado. Pueden contribuir a mantener una lámina de agua en el humedal que facilite la recarga de aguas subterráneas. Si el aporte hídrico es de aguas residuales, puede introducir cambios en la calidad química de las aguas superficiales y subterráneas.

7. Bombeos desde pozos.

Pueden tener distinta función según la ubicación del pozo, destino del bombeo y la posición del nivel freático en la zona. Está en relación con la función de recarga y descarga de agua subterránea.

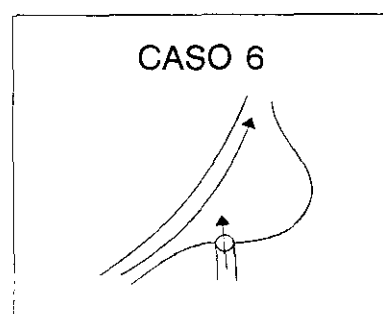
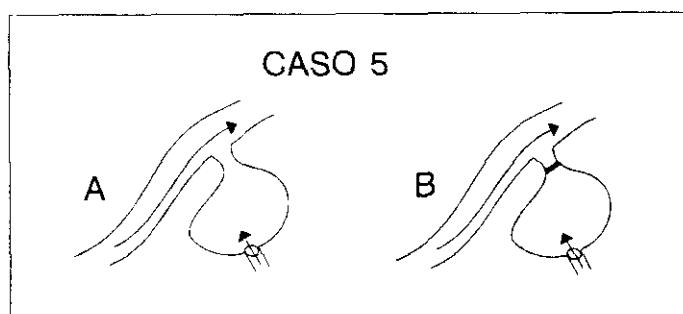
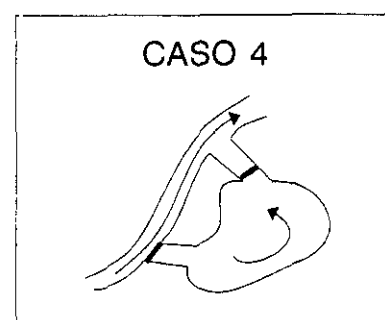
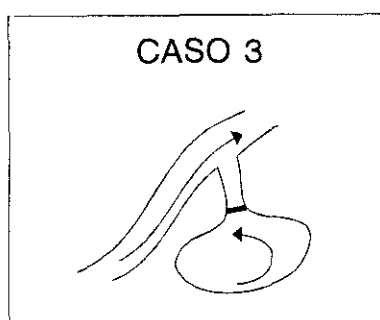
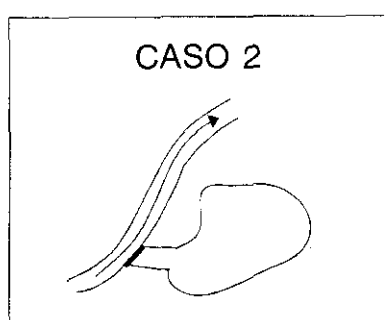
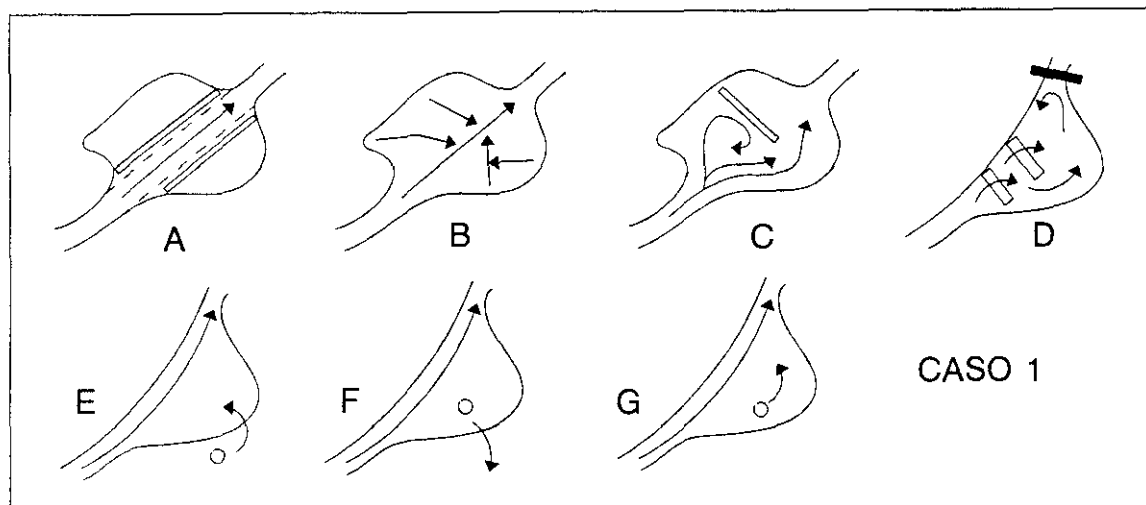
Para evaluar la función que tiene el humedal en una situación particular, se deberá estudiar la relación entre las actuaciones antrópicas mencionadas y el tipo de humedal que tengamos. Debido al gran número de posibilidades existentes, no vamos a entrar en la explicación detallada de cada una de ellas, aunque si mostraremos algunos casos con las combinaciones más comunes.

En la figura 4.3.k, a modo de ejemplo pueden verse algunas posibilidades de actuación antrópica sobre un humedal. Para humedales del tipo del caso 1, definido en el apartado 4.3.3.2, se han supuesto siete actuaciones distintas:

- A. Canalización del río y malecones.
- B. Canales de drenaje en el río y humedal.
- C. Barreras de retención del agua en el humedal.
- D. Presa y barreras de retención.
- E. Aportes de agua desde un pozo exterior al humedal.
- F. Bombeos de agua subterránea desde el humedal hacia fuera.
- G. Bombeos dentro del propio humedal.

El estudio de la incidencia de cada una de estas actuaciones sobre el humedal, se deberán valorar conjuntamente con los perfiles hidrogeológicos que se comentaban en los casos "C1.CA", "C1.RAS", "C1.DAS" (fig: 4.3.e).

Otras posibles actuaciones del hombre sobre humedales, se ajustan a los definidos en los casos del 2 al 6 de la figura 4.3.k. Se trata de situaciones generales, y cabe por tanto la posibilidad de combinar distintas afecciones no reflejadas en esta figura. Así pues, por ejemplo, además de lo representado en los casos del C2 al C6, pueden darse bombeos desde pozos, dentro o fuera del humedal.



PRESAS, COMPUERTAS O BARRERAS DE RETENCIÓN DEL AGUA



POZO Y DESTINO DEL BOMBEO.



BARRERA REBASADA POR EL AGUA



APORTES HÍDRICOS ANTRÓPICOS POR TUBERÍAS O CANALES



CANALIZACIÓN DEL RÍO



CANALES DE DRENAJE

Fig. 4.3.k.- Posibilidades de actuaciones antrópicas sobre humedales ribereños

4.3.4. Balance hídrico del humedal.

Realización un balance hídrico de las lagunas es necesario si se pretende conocer su funcionamiento de a un nivel de trabajo cuantitativa. Su importancia y fundamentos fueron comentados detenidamente en el capítulo 3.5.4 de esta Tesis, por lo que en este apartado sólo mencionaremos a modo de recordatorio algunas de las características más importantes.

El fundamento físico del balance consiste en la aplicación del principio de la conservación de la masa cuya expresión más conocida puede escribirse de forma simplificada de la siguiente manera:

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{VARIACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO}$$

Para la aplicación del balance sobre una determinada zona se deberán conocer los siguientes elementos:

A. Espacio físico considerado

Se deberá conocer la superficie de aplicación, diferenciando la zona máxima inundable y el área que contribuye a la escorrentía superficial.

B. Escala de tiempo

Se deberá determinar la unidad de tiempo de aplicación del balance. En Gilman K., (1994) se insiste sobre la importancia de usar una escala de tiempo muy pequeña con objeto de registrar pequeñas variaciones en el funcionamiento hídrico (horas, días o semanas). En este trabajo se pone especial interés en la importancia que tiene usar transductores en los pozos para obtener un registro continuo de la oscilación de los niveles del agua.

C. Términos de balance

Entradas:

- Precipitación.
- Aportes de cursos fluviales por ríos y arroyos.
- Aportes de agua superficial por escorrentía difusa
- Aportes de agua subterránea.
- Aportes de origen antrópico.

Salidas:

- Evaporación de lámina libre.
- Evapotranspiración de la zona inundada y de la zona marginal.
- Infiltración al acuífero.
- Salidas superficiales del humedal difusas o canalizadas.

Variación en el almacenamiento.

Se calcula teniendo en cuenta las variaciones del nivel de la zona inundada y la curva que relaciona esta superficie con el volumen de agua almacenada.

La validez del balance será tanto mayor según la fiabilidad de los términos empleados.

5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES.

A continuación se comentan los resultados y conclusiones más significativas de los distintos aspectos tratados en esta tesis doctoral.

Del análisis de la piezometría y de la influencia de los trasvases del Tajo Segura co destino al PNTD se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1) El PNTD se quedó prácticamente seco en el año 1985. En el año 1988 se pone en marcha el Plan de regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel, y las aportaciones hídricas procedentes del ATS (SGDGOH, 09/90) durante los años 1988 (se derivan 12 hm^3) y 1989 (se derivan 13 hm^3), sumadas a las aportaciones naturales del río Cigüela en ese periodo, consiguen para este último año mantener los niveles próximos a los naturales del Parque. En diciembre de 1988 había 1220 ha inundadas, 1.570 ha en abril y 1640 ha en junio de 1989.

2) Durante el año 1989 y 1990 (se derivan $15,8 \text{ hm}^3$) el agua del trasvase arrastra vertidos urbanos hasta el PNTD, siendo necesario abrir la presa de Puente Navarro para evacuar dichos vertidos. La superficie inundada (según SGDGOH, 3/93) del Parque en enero de 1990 era 1675 ha, 550 ha en agosto y se reduce a 75 ha en octubre de ese mismo año.

3) A partir de 1990, como consecuencia de la continuación intensa explotación del acuífero de la Llanura Manchega y de la falta de las aportaciones superficiales (Cigüela o ATS) el nivel freático en los alrededores de Las Tablas en su zona sur desciende entre 1 y 2 m/año, con oscilaciones estacionales que van a depender de las precipitaciones y de la afección de los propios bombeos de los pozos del PNTD.

4) En 1991 entre febrero y julio se produce un nuevo trasvase (se derivan $17,72 \text{ hm}^3$ según SGDGOH, 3/93) gracias al cual en el mes de mayo de 1991 se

llegan a inundar un máximo de 1440 ha. Sin embargo, esta superficie inundada decrece rápidamente pues gran parte del agua se pierde por infiltración. Los hidrogramas de los piezómetros de la zona marginal del PNTD apenas si registran un débil ascenso debido a esta recarga artificial.

5) En 1992, entre los meses de febrero y marzo debido a la fuerte sequía se derivan sólo $6,5 \text{ hm}^3$, que se sumaron a los $0,5 \text{ hm}^3$ que aportaba el río de modo natural. De esta derivación sólo llegaron al PNTD $2,6 \text{ hm}^3$ (SGDGOH, 3/93). La superficie máxima inundada (SGDGOH, 3/93) en este año se alcanza en abril con 870 ha, que pasan a 335 ha en mayo. En los piezómetros próximos a la zona inundable, se aprecia un ligero ascenso del nivel que en relación al ascenso del anterior trasvase de 1990 se encuentra entre 1 y 2 m por debajo.

6) En julio de 1992 según artículos de prensa (ABC, 15/10/92; Tribuna, 21/11/92) la superficie inundada era de unas 55 ha. Esta superficie se mantiene gracias a las aguas bombeadas en los pozos de emergencia dentro del PNTD, pues ni el Guadiana (seco desde 1980), ni el Cigüela aportan agua al PNTD. Los niveles en casi todos los piezómetros, excepto en los situados al N del PNTD, descienden con mayor rapidez.

7) El trasvase realizado entre enero y marzo de 1994 tiene un reflejo casi imperceptible en los hidrogramas, lo cual es lógico pues al PNTD apenas llegan 2 hm^3 , es decir, un 12 o 13% de todo el agua derivada. Al parecer llega a inundarse un máximo de 300 ha pero esa superficie se mantiene sólo un par de meses, y se vuelve a las 50 ha mantenidas con los pozos de emergencia

8) Los piezómetros situados al NW de Las Tablas y próximos a la laguna, aunque están situados en una zona de poca explotación de aguas subterráneas, en los últimos años empiezan a tener descensos similares a los de la margen SE del PNTD. Estos descensos se deben esencialmente a la escasez de lluvias y también a que al secarse el PNTD, que actuaba como una zona de nivel constante, aumenta el gradiente hacia el SE.

9) En la zona central de nuestra área de estudio considerada se ha producido un descenso en los últimos 20 años que ha sido de unos 20 y 45 m dependiendo la zona considerada en particular. Este descenso ha sido debido principalmente a los bombeos para regadío y se ha visto incrementado por la disminución de la recarga natural a causa de la prolongada sequía.

10) Los piezómetros situados en los bordes N, NW y W de la zona de trabajo han experimentado variaciones mucho menores en sus niveles por encontrarse en las zonas limítrofes del acuífero caracterizadas por tener una menor permeabilidad.

Calidad química del agua subterránea y superficial del PNTD

1) La calidad química del agua subterránea de la zona de estudio es de predominantemente de carácter "sulfatada y/o clorurada magnésica y cálcica" en las zonas proximas al PNTD y "bicarbonatadas cálcicas y magnésicas" en la parte más oriental. La comparación de muestras tomadas en distintos años (datos del ITGE) no reflejan variaciones significativas en su composición a la escala de este trabajo.

2) En el PNTD existe una zonación en cuanto a calidad química del agua superficial que difiere mucho de la que tenía en régimen natural. La zonación actual está condicionada por los siguientes factores: 1) Desaparición de las aportaciones de aguas dulces del río Guadiana en Las Tablas, 2) Por la calidad química del agua que se bombea desde los pozos del Parque, 3) Calidad química de las aportaciones que llegan por el río Cigüela, bien sean naturales propias del río, del ATS en periodos de trasvase y de los vertidos líquidos urbanos que recibe el Cigüela aguas arriba del PNTD, 4) Aportes por la Cañada Lobosa, que principalmente trae agua contaminada procedente de vertidos líquidos urbanos de la localidad de Fuente del Fresno, 5) Estancamiento y eutrofización que se produce por el represamiento a favor de la Presa de Puente

Navarro y presa interior del Parque, 6) Por las diferencias topográficas existentes en la laguna que impiden la mezcla del agua de distintas zonas, 7) Diferencias litológicas del substrato en toda la superficie del Parque, 8) Distinto tiempo de permanencia del agua sobre la laguna, que en función de la evaporación, se producen distintas concentraciones salinas.

Aspectos en relación con la combustión espontánea de la turba

1) De acuerdo con lo expuesto en esta Tesis Doctoral, parece bastante claro que el proceso de combustión espontánea de las turbas, se debe a la oxidación de la materia orgánica producida por un descenso que la capa freática ha experimentado en las últimas décadas. Este descenso que en la actualidad (1995) es del orden de 20 m en la zona de los "Ojos", ha sido ocasionado esencialmente por los intensos bombeos por regadío que se producen en gran parte del denominado acuífero de la Mancha Occidental (U.H. 04.04). Estos regadíos superan actualmente una superficie de unas 120.000 ha y un bombeo del orden de 500 a 600 hm³/año.

2) La detención de los incendios y vuelta al equilibrio ecológico que existía antiguamente, exigiría la recuperación del nivel freático a sus niveles de hace unos 20 años. Esto parece prácticamente imposible, a medio plazo, pues se estima que el volumen de agua no renovable extraído del acuífero es superior a 3.000 hm³. Con estos datos no parece exagerado decir que cuando se recuperen los niveles, como mínimo dentro de 30 o 40 años, ya habrán ardido todas las turbas.

3) La combustión de la turba en la zona que se extiende desde los "Ojos del Guadiana" hasta "Molino Molemocho", representa un peligro tanto para las personas como para los animales que puedan pasar por la zona.

4) Debido a la existencia de fuegos en mayor parte de la zona estudiada, en la situación actual parece poco viable la implantación de cultivos. En principio

la extracción de la turba de una forma ordenada parece la única forma de detener o al menos paliar esos fuegos.

Balance hídrico de Las Tablas de Daimiel

1) La infiltración de la laguna tiene unos valores muy dispares en distintas zonas, y según la geología, parece que la más permeable correspondiente a la denominada "zona de restauración" (fig. 3.5.zb). Esta zona queda cerrada por la presa de Puente Navarro, que tiene una cota de coronación de 606 m y una capacidad máxima de embalse de 200 ha (pp. 12 de la Memoria MOPU - MAPA, 1986).

2) La "zona de restauración" está independizada de la mitad norte de Las Tablas por un dique interior (presa del Morenillo) que tiene una cota de coronación de 607,60 m. Las cuatro escalas del Parque quedan incluidas aguas arriba del dique y por lo tanto la curva de superficie inundada que se desprenda de su lectura debe estar referida sólo a la mitad norte del parque.

3) Todos los datos elaborados en los balances existentes parecen estar referidos al nivel de las escalas y de la cubicación del trabajo MOPU - MAPA (1986). En esas fechas todavía no se había construido el dique interior y la topografía del fondo de la laguna era sensiblemente diferente de la actual, como consecuencia de los fuegos, zanjas y subsidencia que ha experimentado en los últimos años.

4) Cualquier balance que se realice con las premisas físicas de partida y cubicación de la laguna consideradas hasta la fecha no va a permitir obtener resultados fiables. Es más, en trabajos futuros se deberá realizar por separado un balance para la zona de restauración y otro para la mitad norte del Parque, en cuyos extremos existe una diferencia de cota del lecho de la laguna de seis metros (cota 608 a la entrada del Parque y cota 602 en Puente Navarro).

A modo de resumen, y de la revisión de todos los balances hídricos del PNTD existentes, parece que los valores de infiltración de la laguna deben ser bastante mayores que los considerados en los trabajos anteriores (cifrados siempre en unos 30 hm³/año). Una prueba de ello es el que a partir de los bombeos de pozos de emergencia (unos 250 l/s; es decir unos 8 hm³/año) (SGOP, 09/90, 03/93) sólo se mantienen inundadas como mucho 50 ha del Parque durante todo el año. Si tenemos en cuenta que la salida superficial en Puente Navarro es nula, algo menos del caudal bombeado correspondería a la infiltración. Según esto, si en 50 ha se infiltran unos 6 hm³, en 500 ha fácilmente se infiltrarían 60 hm³ y en 2.000 ha una cifra mucho mayor. Se entiende que esto es sólo una aproximación ya que no todo el Parque presenta la misma permeabilidad.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

ADAMUS, P.R., CLAIRAIN, E.J.,JR., SMITH, R.D., AND YOUNG, R.E. (1987). "Wetland Evaluation Technique (WET); Volume II: Metodology". Operational Draft Technical Report Y-87-, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

_____. ANTON, J. A. (1975):"Investigación geoeléctrica de la Llanura Manchega. Sistema 23" Inédito. Compañía General de Sondeos, S.A., 25 pp., 16 planos.

APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CASQUET, C.; PEINADO, M.; TINAO, J.M. (1977). "Caracterización geoquímica del plutonismo post- metamórfico del SW del macizo Hespérico". Studia geologica Salmaticensia, XII; pp. 9-39.

ARANDA, G. DE, y MARTÍN-MONTALVO, J.M., (1991). "Implantación de sensores para la determinación de parámetros hidrogeológicos en el acuífero 23 con apoyo informático para la elaboración de una base de datos en el P. N. de las Tablas de Daimiel (C. Real)". Ecología nº 5: pp. 51-62. ICONA, Madrid.

ARANDA, G. DE, (1992 a). "Regeneración hídrica del P. N. de las Tablas de Daimiel (C. Real). Aplicación a la hidrología subterránea". En: Coordinación entre Hidrología Forestal y Protección de Suelos. Técnicas y experiencias de dirección de obras. Cap. 21: 543-549. Col. Técnica, ICONA. Madrid.

ARANDA, G. DE, (1992 b). "Plan de regeneración hídrica del P. N. de las Tablas de Daimiel. Aliviaderos de labio fijo sobre terrenos inestables". En Actas X Congreso Forestal Mundial. nº 2: 275. París. Publicado en: Revista Forestal Española, nº 6: 31-34.

_____. ARANDA, G. DE, (1993). "Registros de ICONA y TRAGSA mediante utilización de un sistema informático de control de parámetros hidrológicos establecido en seis pozos funcionales y telemandados". ICONA. Madrid.

ARANDA, G. DE, GARCÍA, J., MARTÍN MONTALVO, J.M. (1993). "Evolución de la calidad de las aguas en el P. N. de las Tablas de Daimiel (C. Real). Durante el periodo comprendido desde 1988 a 1993". Ecología nº 7: pp. 503-519. ICONA, Madrid.

ANCOCHEA, E., GIULIANI, A., VILLA, I. (1979). "Edades radiométricas K-Ar del vulcanismo de la Región Central Española". Est. Geol., vol. 35, pp. 131-135.

ANCOCHEA, E. (1983). "Evolución espacial y temporal del vulcanismo reciente de España Central". Tesis Doctoral, Univ. Compl. Madrid, pp. 1-675.

ALMAGRO COSTA, J. (1991). "Los Ojos del Guadiana, Ingeniería Hidrológica y Cultural". II Congreso Nacional de la Ingeniería Civil, 28-30 octubre 1991. 8 pp. Santander, 1991.

ALMAGRO COSTA, J. (1995). "El sistema acuífero de La Mancha Occidental en el ámbito de la desertificación de su entorno". VI Simposio de Hidrogeología. Asoc. Esp. de Hidrología Subterránea. Tomo XX, pp. 265 - 279.

ALMARZA, C. (1984). "Fichas Hídricas Normalizadas y otros Parámetros Hidrometereológicos". Instituto Nacional de Metereología (I.N.M). 3 vol.

ALVARADO, A., HERNANDEZ PACHECO, F. (1932). "Memoria Explicativa de la hoja geológica nº 759 (Piedrabuena): 1ª Serie". IGME.

ALVARADO, A., HERNANDEZ PACHECO, F. (1934). "Memoria Explicativa de la hoja geológica nº 760 (Daimiel): 1ª Serie". IGME.

BAEZ, M. (1993). "El Parque de las Tablas de Daimiel se muere de sed". Diario el Mundo, 24/12/1993.

BARROSO MARTÍN, J.L. (1992). "Hidrogeología de la cuenca media del río Záncara en la zona de Belmonte (Cuenca)". Tesis de Licenciatura, Fac. de Geológicas, U. Complutense de Madrid. 68 p. + anejos.

BARROSO MARTÍN, J.L. y GARCÍA, M. (1993). "Escrito de reclamaciones en relación con la presa de la Garita en el río Cigüela". Confederación Hidrográfica del Guadiana. Registro entrada nº 660, 24/3/93. Madrid, 11 pp. + anejos.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, B.O.E (1987). "Ley 13/1987 de 17 julio de Derivación de Volúmenes de agua de la Cuenca Alta del Tajo a través del Acueducto Tajo-Segura con carácter experimental, con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel." Boletín Oficial del Estado nº 171, del 18 de julio de 1987, Madrid, pp. 22079.

BOLETÍN OFICIAL DE PROVINCIA DE CIUDAD REAL (B.O.P) (1987). "Acuerdo de la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadiana declarando sobreexplotado el acuífero 23 manchego. B.O.P. C. Real de 23 de febrero de 1987, nº 23 pp 8.

B.O.P DE CIUDAD REAL (1991). "Régimen de explotación del acuífero de la Mancha Occidental". B.O.P. nº 41 del 8 de abril de 1991.

B.O.P. DE ALBACETE (1993). "Propuesta de Plan de Ordenación de las extracciones del acuífero de La Mancha Occidental". B.O.P. Ab, nº 98 del 23 de agosto de 1993. pp. 5-8.

B.O.P. DE ALBACETE (1995). "Régimen de explotación para 1995 del acuífero de La Mancha Occidental y de un perímetro adicional en el Acuífero de Altomira". B.O.P. nº 12 pp. 10-12.

B.O.E. (1993). "Real Decreto-Ley 5/1993 del 16 de abril, por el que se autorizan determinadas actuaciones en relación con las cuencas del Tajo y el Segura". B.O.E. nº 92 del 17/04/93, Madrid, pp. 11443.

BOUYX, E. (1970). "Contribution a l'étude des formations anteordoviciennes de la Meseta Meridionales (Ciudad Real y Badajoz)". Mem. Inst. Geol. y Min. España, t.73, pp. 1-263.

BRINSON MARK M. (1993). "A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands". Wetlands Research Program. Prepared for U.S. Army Corps of Engineers, Washington. 79 pp + 11 appendix.

BUSTAMANTE, I. (1986). "El subsuelo como agente depurador de vertidos líquidos contaminantes. Aplicación a la Llanura Manchega", Tesis Doctoral, Fac. C. Geológicas, U.Complutense de Madrid. 312 p. + anejos.

CAPDEVILLA, R.; CORRETGE, G.; FLOOR, P. (1973). "Les granitoides varisques de la Meseta Ibérique". B.S.D.E. (7), XV, nº 34.

CARRASCO, M., SÁNCHEZ SOLER, M.(1988). "Plan de regeneración hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel". Quercus 34. pp. 32-36.

CARRASCO, M. (1988)."La zona húmeda manchega como área de invernada acuática". Ponencias de las II Jornadas Ibéricas de estudio y protección de los humedales. FAT, Valencia pp. 231 - 325.

CASADO S., MONTES C. (1991). "Estado de conservación de los humedales peninsulares españoles". Quercus, 66. pp. 18 - 26.

CASADO S., FLORÍN M., MONTES C. (1993). "La desecación del paisaje. Evaluación de la pérdida de superficie de humedales y lagos en la España peninsular". VI Jornadas sobre el Paisaje. Segovia, pp. 77 - 89.

CASADO, S. MONTES, C. (1995). "Guía de los lagos y humedales de España". J.M. Reyero Editor. Madrid. 255 pp. + mapa.

CASTRO A., (1993). "Las Tablas de la sequía". Diario El Mundo, 22/03/93. pp. 24.

CALDERON, S. (1883). "Catálogo razonado de las rocas eruptivas de la provincia de Ciudad Real". Bol. Com. Map. Geol., nº 10, 166 pp.

CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEDEX)(1994). "Estudio de la hidrogeología isotópica de la Cuenca del Alto Guadiana. Comportamiento del agua trasvasada a las Tablas de Daimiel a través del acueducto Tajo-Segura". Informe parcial nº 2. DGOH y CHG. 32 pp.

CIRUJANO, S., VELAYOS, M., CARRASCO, M^o.A. (1992a). "Aspectos dinámicos de la flora y vegetación acuática en las lagunas y humedales continentales". Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural: Volumen de homenaje a D. Guillermo Colom. 8 pp.

CIRUJANO, S. (1992b). "Las Tablas de Daimiel". Conferencia organizada por Escuela Taller "Santa Clara". Módulo de promoción y desarrollo (1989-1992). Alcazar de S.Juan 1992, pp. 15 - 25.

CIRUJANO, S. (1992c). "Pasado y presente de Las Tablas de Daimiel". Quercus 89; pp. 12 - 17.

CIRUJANO, S.(1994d). "Flora y vegetación acuática de las lagunas de la mancha húmeda". Ponencia de las II Jornadas Ecológicas "Esparvel". Toledo 26 - 28 octubre. 10 pp.

COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS (CGS) e INTERNACIONAL DE

INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS (INTECSA) (1975). "Proyecto de investigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana" IGME. (Inédito).

CORTAZAR, D. (1880). "Reseña física geológica de la provincia de Ciudad Real". Bol. Com. Mapa Geol. Nac., t.7, pp. 1-289.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA, C.H.G.,(1992). "Derivación de caudales del acueducto Tajo - Segura con destino al Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. Año 1992". Nota de la C.H.G. 3 pp.

C.H.G.,(1994). "Trasvase de aguas desde el Acueducto Tajo-Segura al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Comisaría de Aguas. 11 pp. + anejos.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC), ICONA (1992). "Seguimiento de la calidad química y biológica del medio acuático del P.N.Tablas de Daimiel (Ciudad Real)". Convenio CSIC-ICONA. Doc. interno. ICONA. Madrid.

COWARDIN, L.M., CARTER, V., GOLET, F.C. and LA ROE, E.T. (1979). "Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of United States", U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-79-31, Washington D.C., 131 pp.

CUSTODIO, E. (1987). "Peculiaridades de la hidrología de los complejos palustres españoles". Seminario sobre Bases Científicas para la Protección de los humedales españoles, Real Academia de Ciencias, Madrid, pp. 43-64.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1983). "Hidrología Subterránea". Vol. I y II, Edit. Omega, 2ª edición, Barcelona, 2308 pp.

DAVIS, S. N. y DE Wiest, R.J.M. (1966). "Hydrogeology". Wiley, 463 págs.

DAVIS, S. N. (1969). "Porosity and Permeability of Natural Materials (in Flow through Porous Media)". Editor De Wiest. Academic Press., págs. 53-89.

DEL CAMPO, M.C. (1992). "El PP acusa a Bono de dejar morir Las Tablas". Diario ABC. 15/X/92, pp.94.

DE LA PEÑA, J.A. (1987). "Las Lagunas de La Mancha: un ejemplo de sales en ambiente continental". Seminario sobre Bases Científicas para la Protección de los Humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, pp. 79-94.

DIARIO DE NAVARRA (1990). "Las Tablas de Daimiel, un desierto lleno de agua". Diario de Navarra, 1 /4/91.

DIAZ BALDA, M. A.; VEGAS, R.; GONZÁLEZ LODEIRO, F. (1990). "Central-Iberian zone (autochthonous secuencias)". En Pre-mesozoic geology of Iberia. Eds. R.D. Dal Meller y E. Martínez García. Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 172-188 pp.

DIAZ BALDA, M.A.; VEGAS, R.(1992). "La estructura del dominio de pliegues verticales de la zona centroibérica". En Paleozoico inferior de Ibero-América. Univ. Extr. pp. 523-534.

DIARIO OFICIAL DE CASTILLA LA MANCHA (D.O.C.M) (1995). "Declaración de Sobreexplotación y aprobación del Plan de Ordenación de las Extracciones del Acuífero de la Mancha Occidental". D.O.C.M. nº 2 del 13 de enero de 1995. pp. 94.

DUCHAUFOR, Ph.(1978). "Course de Pedologie". Univ. de Nancy, p. 10-18.

DUGAN, P.J. (ed.), (1992). "Conservación de humedales: Un análisis de

temas de actualidad y acciones necesarias". Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), Gland, Suiza. 100 pp.

_____. DUPOIT, J.(1863). "Estudes théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et á travers les terrains perméables." 2éme édition. Dunod, Paris, 304 p.

ESTUDIOS Y PROYECTOS TÉCNICOS INDUSTRIALES, S.A., EPTISA, (1986). "Estudio de viabilidad de un plan de regeneración hídrica en el Parque Nacional de Daimiel (Ciudad Real)". Tomo I (Memoria) y Tomo II (anexo I)

ERASO, A. (1982). "Consideraciones sobre el problema de la génesis y evolución del karst". Reunión monográfica sobre el karst - Larra 82. pp. 368-382.

ESNAOLA NAVARRO, J.M. (1991). "Análisis de las aportaciones superficiales al Parque Nacional Tablas de Daimiel y su influencia en la evolución hidrogeológica del ecosistema". Tesis de Licenciatura, Fac. de C. Geológicas, U.Complutense de Madrid. 61 p.

ESNAOLA NAVARRO J.M., MARTÍNEZ ALFARO P.E. (1992). "Análisis de las aportaciones superficiales al Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y su influencia en la evolución hidrogeológica del ecosistema". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Volk. 16; 411 - 423.

ESNAOLA NAVARRO J.M., MARTÍNEZ ALFARO P.E., MONTERO GONZÁLEZ E., LUNA RODRÍGUEZ, E. (1995). "Evolución hidrológica, regadíos y sobreexplotación de la Unidad Hidrogeológica 04.04 (Mancha Occidental) en el marco legislativo de las aguas subterráneas". Las Aguas Subterráneas en la Ley de Aguas Española: Un decenio de Experiencia. Murcia

_____. ESCRIBANO, C.(1992). "La desecación y la combustión de la turba. Consecuencia política e hidráulica. La Mancha; un espacio del agua". Conferencia

organizada por Escuela Taller "Santa Clara". Módulo de promoción y desarrollo (1989-1992). Alcazar de S.Juan 1992. pp. 79- 93.

ESPARVEL (1994). "Las lagunas manchegas, valores ecológicos, problemática ambiental y propuesta de conservación". Edita ESPAVEL, Asoc. Natur.

EZQUERRA DEL BAYO, J. (1944). "Basaltos". Semanario Pintoresco. Madrid.

FERNANDEZ, A. y ALVARADO, A. (1935). "Memoria explicativa de la hoja geológica 1/50.000 nº 785. Almagro, 1ª Serie". IGME.

FERNANDEZ RUBIO R. (1991). "Nociones sobre hidrogeología kárstica". Máster de Tecnología Hidrogeológica, Area XVII: Hidrogeología de formaciones especiales; karst, medios fisurados y medios de baja permeabilidad. ITGE, 1991.

FERNANDEZ URÍA, (1987). "Datos de conductividades". Acuífero 23. MOPT. Madrid

FETTER, C.W. (1994). "Applied Hydrogeology". University of Wisconsin.

FIDALGO HIJANO, C. (1992). "El paisaje vegetal. Bosques , matorrales y estepas". Guía de Castilla - La Mancha. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla - La Mancha, pp. 68-80.

FORNES AZCOITI, J.Mª.(1994). "Hidrología de algunas lagunas de Castilla - La Mancha". Tesis Doctoral, Fac, de C. Geológicas, U. Complutense de Madrid. Tomos I y II. 315 pp.

FREEZE R.A. and CHERRY J.A. (1979). "Groundwater", Prentice Hall Ed., Englewood, N.J., 604pp.

G. BURKE, D., J. MEYERS, E., GROMAN, H. (1988). "Protecting Nontidal Wetlands". American Planning Association (APA), Planning Advisory Service (PAS), Report number 412/413. Chicago. 76 pp.

GARCÍA HIDALGO, J.F., TEMIÑO J., SEGURA M., BUSTAMANTE I. (1995). "Evolución sedimentaria reciente de Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real)". Geogaceta (en prensa),

GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1992). "Hidrogeología de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana en relación con la génesis y combustión espontánea de las turberas de la zona". Tesis de Licenciatura, Fac. de Geológicas, U. Complutense de Madrid. 57 p. + anejos.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M. y LLAMAS, M.R.(1992). "Aspectos hidrogeológicos en relación con la génesis y combustión espontánea de las turbas de los Ojos del Guadiana" Actas del III Congreso de España, 23-26 Junio 1992. Tomo 2: 285-293, Salamanca.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., LLAMAS, M.R. (1993 a). "Impacto de los regadíos en la Llanura Manchega". Revista Ecosistemas. Abril 1993, nº 5, pp 41-43.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., LLAMAS, M.R. (1993 b). "Ecological Impact of Groundwater Exploitation from a Karstic Acuífer in Spain". International Symposium on Water Resources in Karst with Special Emphasis on Arid and Semiarid Zones. Abstracts, 139 pp. Shiraz - Islamic Republic of Iran. October 1993.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., LLAMAS, M.R. (1993 c). "Cambios paisajísticos en el Alto Guadiana causados por la explotación intensiva e incontrolada de aguas subterráneas". Actas de las VI Jornadas sobre el Paisaje. Segovia, pp. 91 - 102.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., LLAMAS, M.R., CRUCES, J. (1994). "Influence of Groundwater Exploitation on the Functioning of The Tablas de Daimiel National Park (Spain)". Anales Geophysicae of European Geophysical Society. Part II. Oceans, Atmosphere, Hydrology and Nonlinear Geophysics. Supplement II to Volume 12. Abstract C.415 pp. Grenoble. April 1994.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., LLAMAS, M.R., CRUCES, J. (1995). "Pasado, y presente de algunos humedales manchegos". VIII Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica Instituto geográfico Nacional, Universidad Complutense de Madrid Mayo - junio 1995. pp 108.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M., (1995). "Causas y consecuencias de la combustión espontánea de las turberas de las proximidades de Las Tablas de Daimiel". Las Tablas de Daimiel, nº 71. Noviembre 1995. pp 14.

GARRIDO ROSELLÓ, J.E. (1991). "El Parque Nacional de las Tablas de Daimiel; Régimen jurídico y protección". Estudios Territoriales nº 37. Sep.- Dici. 1991 pp 173 - 193.

GEOLOGÍA DE EXPLOTACIÓN Y SÍNTESIS S.A.L., GESSAL (1990). "Síntesis geológica medioambiental de la turbera de Zuacorta: Análisis y recomendaciones". Informe interno del Grupo Turbas del Guadiana S.A. Madrid. 18 pp.

GILVERAL, D.J., TELLAM, J.H., LLOYD, W., AND LERNER, D.N. (1989). "The hydrodynamics of East Anglian fen systems" Hydrogeology Research Group, School of Earth Sciences, The University of Birmingham, Edgbaston, U.K.

GILMAN, K. (1994). "Hydrology and Wetland Conservation". Institute of Hydrology. Wiley, J. 98 pp.

GONZALEZ BERNALDEZ, F., PEREZ, C. and STERLING, A. (1985).

"Areas of evaporative discharge from aquifers: Little known Spanish ecosystems deserving protection". Jour. Envir. Management, N° 21: 321-330.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ Y LLAMAS, M.R. (ed.)(1987) . "Bases científicas para la protección de los humedales en España". Real Academia de Ciencias, Madrid, 284 pp.

GONZALEZ BERNALDEZ, F.(1987). "Las zonas encharcables españolas: El marco conceptual". Seminario sobre las bases científicas para protección de humedales en España. Real Academia de Ciencias Físicas Exactas y Naturales. pp. 9 - 30.

GONZALEZ BERNALDEZ, F., PEREZ, C. (1988). "Los humedales de las zonas áridas" Quercus 34; pp. 14-15.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1989). "Ecosistemas áridos y endorreicos españoles". En R.Llamas (ed.). Zonas áridas en España, pp. 223-238. Real Academia de Ciencias, Madrid.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. Y MONTES, C. (Coord.) (1989). "Los humedales del acuífero de Madrid. Inventario, tipología según su origen y funcionamiento". Canal de Isabel II. Madrid.

_____. GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1992). "Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales". J.M.Reyero Ed. Madrid 257 pp.

_____. GONZÁLEZ MONTEERRUBIO, J.M. (1992). "Análisis hidrogeológico de la sobreexplotación y protección de humedales en la ley de aguas de 1985". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

GONZALEZ REQUERAL, J. R. (1920). "Estudio microscópico de algunas rocas basálticas de Ciudad Real". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., nº 20, pp. 1-184.

GUERRERO LOPEZ, F. (1985). "Estudio de las aguas de turberas españolas". Comunicación Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. nº 15 I.N.I.A, 123 p. Madrid, 1985.

GUTIÉRREZ-MARCO, J.C.; RÁBANO, I.; PRIETO, M.; MARTÍN, J. (1984). "Estudio bioestratigráfico del Llanvirniense y Llandeloiense (Dobrotiviense) en la parte meridional de la zona centroibérica (España)". Cuad. de Geol. Ibérica. Vol. 9; 287-319.

HAMMAN, W.; ROBARDET, M.; ROMANO, M. y 15 autores más(1982). "The Ordovician System in Southwestern Europe". Publication nº 11; 56 pp.

HAMMAN, W. (1983). "Calymenacea (Trilobita) aus dem Ordoviciun von Spanien; ihre biostratigraphie, okologie und systematik". Abh. Senck. Natur. Ges. 542, pp. 1-117.

HERA, A. DE LA, (1993). "Ensayo de cuantificación de la conexión hidrogeológica entre el sistema acuífero de Campo de Montiel y el sistema acuífero de la Llanura Manchega". Tesis de Licenciatura, Fac. de Geológicas, U. Complutense de Madrid. 218 pp.+ anejos.

HERA, A. DE LA, LLAMAS, M.R., CRUCES, J. (1995). "Notas preliminares sobre la posible regeneración hidrogeológica de la laguna de Vadanco (Río Cigüela, Toledo)". Informe, Universidad Complutense de Madrid, Dpto. Geodinámica. Septiembre 1995, 129 pp. + anejos.

HERA A. DE LA, (1995). "¿Podrá continuar La Mancha Húmeda como Reserva de la Biosfera?". Las Tablas de Daimiel, nº 71. Diciembre 1995. pp. 15.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1921). "El yacimiento de mamíferos de Valverde de Calatrava y edad de los volcanes de la provincia de Ciudad Real". Bol. R. Soc. Espa. Hist. Nat. T. bicentenario, pp. 98-114.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1932). "La región volcánica de Ciudad Real". Publ. Soc. Geogr. Nac. Serie B, nº 3, pp. 154-213.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1935). "Memoria explicativa de la hoja geológica nº 786 (Manzanares), 1ª Serie". IGME.

HOLLIS, E.G. (1988). "Report on a visit to Spain, 8-15 May 1988". Report for the Ramsar Bureau, 18 pp.

HOLLIS, G.E. and JONES, T.A. (1991). "Europe and the Mediterranean Basin". In Wetlands, Finleyson and Moser (ed.), pp. 27-55, Facts on File, Oxford.

IBARROLA, E. y BRANDLE, J.L. (1974). "Estudio comparativo de melilititas en rocas ultramáficas de dos diferentes provincias volcánicas españolas". Pub. I Congr. Nac. Geo. y Geof., pp. 1291-1318.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, I.U.C.N., (1995). "The role of wetlands in the hydrological cycle". Report of the first meeting of the Steering Group held at the Institute of Hydrology, 10, 11 November 1995. 20 pp.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, ICONA, (1993). "75 años de Parques Nacionales en España, 1918-1993". Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, 1993.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, IGME, (1972). "Mapa Geológico de España E:1/ 200.000. Tomelloso". Minis. de Industria y Energía.

IGME - IRYDA. (1975). "Los recursos de agua en la Llanura Manchega: su utilización y posibilidades futuras". Informe Técnico nº 7, pp.

IGME, (1980 a). "Investigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media

del Guadiana". Colección Informe, Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas" (PIAS), 66 pp. + mapa hidrogeológico 1/200.000 de la Cuenca Alta del Río Guadiana.

____ IGME, (1980 b). "Informe Hidrológico sobre la captación de agua subterránea para abastecimiento de Daimiel (Ciudad Real)". Inédito.

____ IGME, (1980 c). "Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos E: 1/ 50.000. Hoja núm. 760 "". Servicio de Publicaciones. MIE. Memoria 12 pp. y mapa. Madrid.

____ IGME, (1982). "Mapa hidrogeológico de España E: 1/50.000. Hoja núm: 760 (19-30): Daimiel". Serv. Publ. MIE. Madrid, 107 p y mapa.

____ IGME, (1985 a). "Síntesis hidrogeológica de Castilla - La Mancha". Instituto Geológico y Minero de España. Servicio de Publicaciones, M.I.E., Madrid.

____ IGME, (1985 b). "Mapa hidrogeológico de España E. 1/200.000. Hoja nº 61, Ciudad Real". Servicio de Publicaciones MIE. Madrid 28 p. y dos mapas.

____ IGME, (1988). "Mapa geológico de España E: 1/50.000. Hoja núm: 760 (19-30): Daimiel". Segunda serie. Primera edición. Servicio de Publicaciones MIE. Madrid, 58 p. y mapa.

____ INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA, ITGE, (1989). "Sistema acuífero nº 23. Mancha Occidental". ITGE, Dirección de Aguas Subterráneas. Serie: Manuales de Utilización de Acuíferos.

____ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (INM): "Balance hídrico nacional". Sección de Meteorología Hidrológica, publicación decenal.

JACOB, C.E. (1940). "On the flow of water in an elastic artesian acuífer". An. Geophys. Union Trans. 72: 574 - 586 part II.

JIMENEZ GARCÍA-HERRERA, J. (1992). "La situación jurídica de los espacios naturales". Guía de Castilla - La Mancha . Servicio de Publicaciones. Junta de Castilla - La Mancha, pp. 101 - 107.

JULIVERT, M. y TRUYOLS, J. (1983). "El Ordovícico en el Macizo Ibérico". Libro Jubilar, J.M. Ríos, vol. 1, pp. 192-246.

KUSLER, J.A. (1988). "Hydrology: An Introduction for wetlands managers". In Wetlands Hydrology, pp. 4-26. Assoc. of State Wetland Managers, Berne, New York.

LARSON JOSEPH S., PAUL R. ADAMUS AND ELLIS J. CLAIRAIN, JR. (1989). "Functional Assessment of Freshwater Wetlands: a manual and training outline". The Environmental Institute University of Massachusetts at Amherst. World Wide Fund for Nature (WWf). Publication nº 89-6. pp.62.

LA TRIBUNA (1992). "La dirección de Las Tablas de Daimiel pide restauración del trasvase del Tajo-Segura". Diario La Tribuna, 26/11/1992.

LAS TABLAS DE DAIMIEL (1994). "Espectacular incendio en el Parque Las Tablas de Daimiel". Las Tablas de Daimiel, Febrero 1994, pp. 19.

LAS TABLAS DE DAIMIEL (1995a). "Destinados 20.000 millones para restaurar los humedales de Daimiel". Periódico Las Tablas de Daimiel, Agosto 1995, pp. 23.

LOPEZ-CAMACHO, B. (1987). "Hidrogeología de las Tablas de Daimiel". Semin. bases científ. protecc. humedales en España, Real Acad. Ciencias, p. 209-

216. Madrid, 1987.

LOTZE, F. (1956). "El Cámbrico en España". (Traducción de Joaquín Gómez de Llarena, 1970. En Publ. Extr. Geol. España). Mem. IGME., t. 75, pp. 1-256.

LLAMAS, M.R. (1988). "Conflicts between wetland conservation and groundwater exploitation: Two cases in Spain". Environ. Geol. Water Sci., Vol. 11, nº 3, pp. 241-251.

LLAMAS, M.R. (1989 a). "Hidrogeología de las zonas áridas: usos y abusos de las aguas subterráneas". Seminario sobre zonas áridas en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid, 28 y 29 marzo 1989. pp. 240- 251.

LLAMAS, M.R. (1989 b). "Consideraciones en relación con el impacto negativo de la extracción de aguas subterráneas en dos importantes ecosistemas españoles". Tecnología del Agua 61/89. pp.23-33.

LLAMAS, M.R. (1989 c). "Wetlands and Groundwater: new constraints in groundwater management", Inter. Assoc. Hydrol. Sciences, Publ. nº. 188, pp. 597 - 604. Benidorm.

LLAMAS, M.R. (1991). "Groundwater exploitation and conservation of aquatic ecosystems". XXIII Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Puerto de la Cruz, Tenerife, 15 - 19, abril, 1991.

LLAMAS, M.R. (1993). "Explotación de aguas subterráneas y conservación de ecosistemas". Jornadas sobre las aguas subterráneas. Instituto Tecnológico y Geominero de España y Real Academia de Ciencias. Madrid, 31 marzo, 1 y 2 de abril 1993. pp. 194-209.

LLAMAS, M.R. (1994a). "Four case histories of real or pretended conflicts between groundwater exploitation and wetlands conservation". Water Down' 94. Adelaide, 21 - 25 Nov. 1994. pp. 493 - 497.

LLAMAS, M.R. (1994b). "Información sobre la regeneración hídrica del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Directiva 90/313 de la UE)". Las Tablas de Daimiel, mayo 1995, pp. 13.

LLAMAS, M.R. (1995a). "La explotación y gestión de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales españoles: estado actual, perspectivas e implicaciones territoriales ". Las Aguas Subterráneas en la Ley de Aguas Española: Un decenio de Experiencia. Murcia. pp. 329-343.

LLAMAS, M.R. (1995b). "La epidemia de las guerras del agua: análisis y soluciones". Las Tablas de Daimiel , nº 70, octubre 1995, pp. 5, 15.

LLAMAS, M.R. (1995c). "La Quimera del Agua". La Tribuna junio 1995.

LLAMAS, M.R. (1995d). "La Quimera del Agua. Carta al alcalde de Daimiel". Las Tablas de Daimiel, julio 1995, pp. 22.

LLAMAS, M.R., GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1992 a). "Informe preliminar sobre cuestiones hidrogeológicas en relación con la génesis y combustión espontánea de las turbas de Zuacorta (Ciudad Real)". Convenio de investigación entre Turbas del Guadiana S.A. y la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Complutense de Madrid. Madrid, enero 1992.

LLAMAS, M.R., GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1992b). "Cuestiones hidrogeológicas en relación con la génesis y combustión espontánea de las turbas de Zuacorta (Ciudad Real)". Informe final. Convenio de Investigación entre Turbas del Guadiana S.A. y la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Complutense

de Madrid.

_____. LLAMAS, M.R., GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1995). "Estudio hidrogeológico para la delimitación oriental del Acuífero de la Llanura Manchega". Informe para Agrocaja. Madrid, mayo, 1995, 27 pp. + 5 anejos.

MANGAS, R. (1993). "Las Tablas de Daimiel dejarán de recibir agua de nuevos trasvases". Diario El Mundo. 20/01/93, p. 23.

MALTBY, E. (1991). "Wetlands and their values". In Wetlands, Finlayson and Moser (ed.) pp. 8-26. Facts on File, Oxford.

MALTBY, E., HOGAN D. V., IMMIRZI C.P., TELLAM J.H., VAN DER PEIJL M.J. (1994). "Building a new approach to the investigation and assessment of wetlands ecosystem functioning". Global wetlands: old world an new. Edited by W.J. Mitsch pp. 637-657.

MALTBY, E., HOGAN D. V., MCINNES, R.J. (Coord.) (1995). "Functional Analysis of European Wetland Ecosystems: Final Report - Phase One". EC DGXII STEP PROJECT - CT90-0084. 400 pp.

MALLADA, L. (1896). "Explicación del mapa geológico de España. Tomo II: Sistema cambriano y siluriano". Mem. Con. Geol. Esp., 20 pp. 1-516.

MACHENS, L. (1954). "Stratigraphie und tektonik der sudostlichen meseta in Bereich des Oberen Guadiana". Diss. Univ. Munster., pp.173.

_____. MAESTRE, A. (1836). "Notas sobre las formaciones basálticas de La Mancha". Neues. Jahebuch.

MANDEL, S. (1965). "A Conceptual Model of Karstic Erosion by Ground Water". Bull. Intern. Assoc. Scien. Hydrol. Vo. 11, Nº 1. pp. 5-7.

MARTIN ESCORZA, C. (1975). "Estudio geotectónico del Paleozoico inferior en los Montes de Toledo surorientales (Urda-Fuente del Fresno)". Tesis Doctoral. Univ. Comp. Madrid.

MARTÍN E.F. (1995). "Conferencia internacional sobre reservas de la biosfera. Préstamo y custodia". Revista MOPTMA, mayo 1995. pp. 50-56.

MARTIN NOVELLA, C., MARTÍ R., FERNÁNDEZ CRUZ, M. (1988). "Zonas húmedas y aves acuáticas". Quercus 34, pp. 16 - 21.

MARTINEZ J., NAVALPOTRO, P., CEBRIAN, J.A., ROMERO, R., (1995). "Repercusiones de la sobreexplotación de los acuíferos y de la P.A.C. en la sustentabilidad de la agricultura manchega". Estudios Geográficos nº 219, Abril-Junio 1995. pp. 337 - 369.

MELENDEZ A.J., FLOR SCHUTZ F., (1968). "Estudio polinológico de la turbera de Daimiel". La Prehistoria, París.

MESEGUER PRADO, I. (1953). "Memoria explicativa de la hoja 1/50.000, nº 738, Villarta de San Juan. 1ª Serie". IGME.

MOLINA, E., PEREZ GONZALEZ, A., y AGUIRRE, E. (1972). "Observaciones geológicas del Campo de Calatrava". Est. Geol., vol.27, pp. 3-11.

MOLINA, E. (1974). "Campo de Calatrava (En submeseta meridional Campo de Calatrava por M. Molina, E. Aguirre y J. Morales)". Coloquio Int. bioestrat. cont. del Neógeno sup. y Cuaternario inf. Libro guía, pp. 215-255.

MOLINA, E. (1975). "Estudio del Terciario superior y del Cuaternario del Campo de Calatrava (Ciudad Real)". Trab. Neógeno - Cuaternario, 3, pp. 1 - 106 (1974). Tesis Doc. UCM, 374 p.

MONTERO GONZÁLEZ, E. (1994). "Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las lagunas de Ruidera". Tesis Doctoral, Fac, de C. Geológicas, U. Complutense de Madrid. Tomo I: Memoria 275 pp.+ planos. Tomo II: anejos.

MONTES, C., MARTINO, P. (1987). "Las lagunas salinas españolas". Bases científicas para la protección de humedales en España. Real Academia de Ciencias Físicas Exactas y Naturales. madrid, pp. 95 - 146.

MONTES, C. (Coord.)(1991). "Estudio de las zonas húmedas continentales de España. Inventario, tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección". INITEC-DGRH. MOPU.

MONTES, C. (1995). "La explotación y gestión de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales españoles: una perspectiva ecológica". Las Aguas Subterráneas en la Ley de Aguas Española: Un decenio de Experiencia. Murcia. pp. 305-327.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO, M.O.P.U. (1980). "Plan Hidrológico Nacional. Avance 80". Grupo de trabajo regional del Guadiana. Conf. Hidrog. del Guadiana.

M.O.P.U. (1990 a). "Proyecto del Real Decreto-Ley por el que se dispone la aplicación por un nuevo periodo de tres años del régimen de derivación de aguas con destino al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, es establecido en ley 13/1987, de 17 de julio". Dirección General de obras Hidráulicas. 14 pp.

M.O.P.U. (1990 b). "Plan Hidrológico. Síntesis de la documentación básica". Centro de Publicaciones del M.O.P.U. 128 pp. y mapas.

M.O.P.U. (1990 c). "Unidades Hidrogeológicas de la España peninsular e Islas Baleares; Síntesis de sus características y mapa E: 1/1.000.000". "Centro Publicaciones M.O.P.U., Informaciones y Estudios, nº 52. Diciembre 1990.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES M.O.P.T. (1992 a). "Proyecto de directrices del Plan Hidrológico Nacional de la Cuenca del Guadiana (Norte)". Confederación Hidrográfica del Guadiana. Tomo Memoria. Junio 1992, 211 pp.

M.O.P.T (1992 b). "Mapa de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana. Mapa a escala 1/400.000". Confederación Hidrográfica del Guadiana. Poster.

M.O.P.T. (1992c). "Plan coordinado de actuación en la zona de la Mancha Occidental y Campo de Montiel de Castilla - La Mancha". Programa de compensación de las rentas agrarias en las unidades hidrogeológicas 0.4.04 de La Mancha Occidental y 0.4.06 del Campo de Montiel. Madrid, febrero 1992. 91 pp.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE
M.O.P.T.M.A. (1993). "Anuario de aforos (1987-1988). Cuenca del Guadiana". CEDEX.

M.O.P.T.M.A., MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA, M.I.N.E.R (1994). "Libro blanco de las aguas subterráneas". Centro de publicaciones del M.O.P.T.M.A. 175 pp. y 2 mapas.

M.O.P.T.M.A., D.G.O.H. (1995 a). "Pliego de Prescripciones Técnicas para la contratación de la redacción del Proyecto de captación y aplicación de aguas subterráneas, para situaciones de emergencia en el PNTD". Concurso para la contratación de estudios y servicios técnicos. Clave del expediente: 04.313.299/0311. Publicado en el B.O.E. nº 131 de 2/6/95, pp.10624.

M.O.P.T.M.A., D.G.O.H. (1995 b). "Memoria resumen del proyecto de conducción desde el acueducto Tajo-Segura y el embalse de la Garita para alimentación de las Tablas de Daimiel y para abastecimiento de municipios de la Llanura Manchega (Edición Previa)". C.H.G. 27 pp.

M.O.P.T.M.A., D.G.O.H. (1995 c). "Proyecto para la conducción de agua desde el acueducto Tajo - Segura para incorporación de recursos a la Llanura Manchega". C.H.G. Memoria - Resumen 03/95. 30 pp. + anejo + planos.

NAREDO J.M., GASCO J.M. (1990). "Enjuiciamiento Económico de la gestión de los humedales. El caso de las Tablas de Daimiel". Estudios Regionales nº 26, pp 71-110.

NEWHALL F. (1975). "Calculation of soil moisture regimes from the climatic record". Soil Survey Investigations Report, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington D.C.

NIÑEROLA, S., TORRENS, J., BATLLE, A. Y CALVIN, J. (1976). "El embalse subterráneo de la Llanura Manchega", Hidrogeología y Rec. Hidrául., Vol. IV, III Simposio de Hidrogeología, pp. 234-253.

NOVITZKI R.P. (1982). "Hydrology of Wisconsin Wetlands". U.S. Geological Survey and Geological and Natural History Survey. Information Circular 40. pp. 22.

ORTEGA, E.; HERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ LADEIRO, F. (1988). "Distribución paleogeográfica y control estructural de los materiales anteordovícicos en la parte suroriental del autóctono de la zona Centro-Ibérica". Simposio sobre Cinturones Orogénicos, SGE, pp. 85-89.

PARGA, I. (1935). "Quimismo de las manifestaciones magmáticas cenozoicas de la Península Ibérica". Trab. Mus. Nac. Ciencias Nat. (Ser. Geol.), nº 40, pp. 1-174.

PASCUAL H., (1976). "Contribución al estudio ecológico de las Tablas de Daimiel". I. Vegetación. Anales INIA, Ser. Rec. Nat., 2, p. 107-129.

PEINADO, M. (1994). "Funcionamiento y variabilidad de los geosistemas de los humedales manchegos". Tesis Doctoral. Fac. Geografía e Historia. U.C.M.

PEREZ GONZALEZ, A. (1981). "Neógeno y Cuaternario de la Llanura Manchega y su relación con la cuenca del Tajo" Tesis Doctoral, Fac. C. Geológicas, U. Complutense de Madrid, 787p.

PORTERO, J.M.; DABRIO, C. (1988). "Evolución tectosedimentaria del Ordovícico y Silúrico de los Montes de Toledo meridionales y Campo de Calatrava". Congreso Geológico de España. Comunicaciones, Vol. 1, 161-164 pp.

PRADO, C. (1856). "Memoire sur la geologie d' Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Toledo". Bull. Soc. Geol. France (2), 12, pp. 182-204.

QUIROGA, F. (1880). "Estudio micrográfico de algunos basaltos de Ciudad Real". An. Real. Soc. Esp. Hist. Nat., 9, pp 161.

REY BENAYAS, J.M. (1991). "Aguas subterráneas y ecología". Ecosistemas de descarga de acuíferos en arenales. Colección técnica. ICONA.

REMENIERAS, G. (1960). "L'Hydrologie de l'Ingénieur". Eyrolles Editeurs, Paris.

RICHARD L. A., (1954-1969). "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils". U.S. Salinity Lab. Agriculture Handbook, 60.

RINCON CALERO, P. (1995). "La deformación hercínica y alpina en la región nor-oriental del Campo de Calatrava (Sierra de Siles y de San Carlos del Valle: NE de C. Real)". Tesis de Licenciatura, Fac. C. Geológicas, U. Complutense de Madrid, 101 pp.+ anejos.

ROQUERO C.(1982). "Informe agronómico sobre las posibilidades de explotación de la finca de Zuacorta en los términos municipales de Daimiel y Villarrubia de los Ojos, (Ciudad Real)". Informe para Turbas del Guadiana. S.A. 18 p.

ROIZ, J.M. (1979). "La estructura sedimentaria hercínica, en especial del Precámbrico superior en la región de Ciudad Real - Puertollano". Tesis Doctoral U.C.M. 236 pp.

RUIZ R. (1993). "Sólo el 50 % de las 2.000 ha del parque nacional de Las tablas de Daimiel tienen agua". Diario El PAIS, 24/12/93, pp. 22.

RUIZ R. (1994). "Las Tablas de Daimiel, en coma profundo". Diario El PAIS, 12/11/94, pp. 20.

RUIZ R. (1995). "Las Tablas de Daimiel entran en su tercer otoño con agua en sólo un 2%". Diario El PAIS, 2/XI/1995.

RUIZ ZAPATA, B. (1995). "Metodología palinológica aplicada a la reconstrucción medioambiental". IX Reunión Nacional sobre Cuaternario. Mesas redondas. Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). pp. 42-45.

SÁEZ ROYUELA, R. (1977 a). "Contribución al estudio ecológico de las Tablas de Daimiel.III. Las Aguas (1974-1975)".Anales I.N.I.A., Ser. Recursos Naturales, 3, pp 101-149.

SÁEZ ROYUELA, R. (1977 b). "Datos históricos de conductividad. P.N. de las Tablas de Daimiel". MOPT. Madrid.

SÁNCHEZ SOLER, M.J. (1987). "Daimiel: En busca del Parque perdido". Zonas húmedas Ibéricas. Ponencias de las II Jornadas Ibéricas sobre estudio y protección de las zonas húmedas. pp. 287 - 292.

SÁNCHEZ SOLER M^a J. (1995). "La recarga de agua al Parque de las Tablas de Daimiel ha sido nula por la sequía". Periódico Las Tablas de Daimiel. Septiembre 1995, pp. 75.

SANTIAGO, J.M. y SANTAMARÍA, L. (1990). "Daimiel sobrevive con aguas prestadas". Quercus nº 51, pp. 32 - 37.

SANZ, T. (1946). "Investigaciones en la Cuenca hidrográfica de La Mancha". Not. y Com. Inst. Geol. Min. Rsp., nº 15, pp. 237-250.

SANZ DONAIRE, J.J. (1991). "Dinámica de nutrientes y evolución funcional de ciertos ecosistemas de humedales españoles". Report Bruselas. Proyecto STEP de CE. 230 pp.

SANZ DONAIRE, J.J. (1992a). "Descriptive and functional wetland typology and classification". Workshop on wetlands analysis management. University of Harvard, EEUU. 21 pp (en prensa)

SANZ DONAIRE, J.J. (1992b). "Erosión y desertificación: Comentarios a una intrincada terminología". Revista Ecosistemas. Asociación Española de Ecología Terrestre nº 3. Madrid pp. 8-9.

SANZ DONAIRE, J.J., DÍAZ ALVAREZ, M^a. D.(1992). "Génesis y funcionalidad geomorfológica de los humedales". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 12. Ed. Univ. Complutense. pp. 93-103.

SANZ DONAIRE, J.J., DÍAZ ALVAREZ, M^a. D. y SÁNCHEZ, A. (1994). "La Mancha: transformaciones forzadas de los humedales". Boletín de la A.G.E. nº 18, pp.39-60.

SÁNCHEZ PÉREZ DE ÉVORA, A. (1993). "Humedales manchegos: características edáficas y repercusiones paisajísticas". Proyecto de doctorado.

Fac. Geografía e Historia U.C.M. Septiembre 1993.

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS, SGOP (1975). "Avance de los resultados obtenidos en el reconocimiento de la zona de las Tablas de Daimiel". Informe 12/75. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1975.

____ SGOP, (1977). "Los descensos del nivel piezométrico en la zona de Daimiel (Ciudad Real)". Informe preliminar 12/77. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1977.

____ SGOP, (1979). "La influencia de las Tablas de Daimiel en la extracción de aguas subterráneas en la Llanura Manchega". Informe 11/79. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1979.

____ SGOP (1982 a). "Sobre las características del terreno en Puente Navarro, Parque Nacional Tablas de Daimiel (Ciudad Real)". Informe 09/82. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U., 18 pp. + anejos.

____ SGOP (1982 b). "Estudio de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca Alta del río Guadiana". Estudio 12/82, M.O.P.U. Madrid, 5 Vol.

____ SGOP, (1983). "Estudio de la explotación de agua subterránea en las proximidades del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y su influencia sobre el soporte hídrico del ecosistema". Informe 12/83. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1983.

____ SGOP, (1985). "Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en el acuífero de la Llanura Manchega en el periodo 1981-1984". Estudio 05/85. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U., 135 pp. Madrid, mayo 1985.

____ SGOP, (1986). "Sobreexplotación del acuífero de la Llanura Manchega".

Informe 06/86. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1986.

SERVICIO GEOLOGICO DE LA DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS, SGDGOH, (1988 a). "Primer informe sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de la derivación de caudales del acueducto Tajo-Sagura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

SGDGOH, (1988 b). "Seguimiento y control de la derivación de caudales del acueducto Tajo-Sagura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Informe 02/88. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

SGDGOH (1988 c). "Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en los acuíferos de la Llanura Manchega en el periodo 1984-87". Informe 6/88. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 135 pp. y anejos. Madrid, mayo 1988.

SGDGOH, (1988 d). "Estudio experimental de cuantificación de superficies de regadío con aguas subterráneas mediante un proceso digital de imágenes satélite". Informe 08/88. Serv. Geol. Ob. Públ., M.O.P.U. Madrid, 1988.

SGDGOH, (1988 e). "El suelo como agente depurador de vertidos líquidos contaminantes". Informe núm: 49. Serv. Geolog. Ob. Públ., M.O.P.U. 71 p. Madrid 1988.

SGDGOH, (1988 f). "Segundo informe sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Informe 11/88. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

SGDGOH, (1989 a). "Tercer informe sobre el control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del acueducto Tajo-Segura con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Informe 09/89. Ministerio de Obras

Públicas y Transportes. 16 pp + anejos.

SGDGOH, (1989 b). "Estudio para la ordenación de extracciones del acuífero de la Mancha Occidental". Informe 12/89. Serv. Geol. Dir. Gral. Obras Hidrául., M.O.P.U., 116 pp. y anejos. Madrid, diciembre 1989.

SGDGOH, (1990 a). "Estudio mediante teledetección de los efectos derivados del puesta en marcha del Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel". Informe 07/90. Servicio Geológico de Obras Públicas y Transportes.

SGDGOH, (1990 b). "Control y seguimiento de la actuación experimental de derivación de caudales del Acueducto Tajo-Segura y con carácter experimental, con destino al Parque Nacional Tablas de Daimiel". Informe 09/90. Serv. Geol. Dir. Gral. Obras Hidrául., M.O.P.U. 27 pp. y anejos. Madrid, septiembre 1990.

SGDGOH, (1991). "Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en los acuífero de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel. Primera parte: Llanura Manchega". Estudio 05/91. Serv. Geol. Dir. Gral. Obras Hidrául., M.O.P.U. Madrid.

SGDGOH, (1993). "Control de la derivación de agua con destino al Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel en desarrollo de la Ley 6/1993 de 28 de diciembre". Informe 03/93. Serv. Geol. Dir. Gral. Obras Hidrául., M.O.P.U. 23 pp. y anejos. Madrid, marzo 1993.

SERNA J., GAVIRIA M., (1995). "La quimera del agua. Presente y futuro de Daimiel y la Mancha Occidental". Ayto. Daimiel. Siglo XXI Editores. 444 pp.

SERNA J., LÓPEZ SANZ G. (1995). "El negocio de la sequia: El trasvase Tajo-La Mancha". Diario EL PAIS 10/XI/95, pp.30.

SEVILLA LOZANO, J. (1994). "La sustracción de las aguas del trasvase para Las Tablas". Periódico Las Tablas de Daimiel. Abril 1994, pp. 3.

STRAHLER, A. N.(1988). "Geografía Física". Ediciones Omega S.A. Barcelona. 767 pp.

THEIS, C.V. (1935). "The relation between the lowering of of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage". Am. Geophys. Union, Vol. 16, pp.519 - 524.

TINER, Jr. R.W. (1984). "Wetlands of the United States: Current Status and Recent Trends". Washington, D.C.: Fish and Wildlife Service, March 1984.

TORO, V. (1995). "Se mueren de sed". La Revista (El Mundo) 17/XII/95, pp. 8.

TURBAS DEL GUADIANA, (1990). "El estado actual de la turbera de Zuacorta".Informe interno + anexos del 1 al 7. Madrid, abril 1990.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC and CULTURAL ORGANIZATION, UNESCO (1992). "Glosario hidrogeológico internacional". UNESCO, 2ª edición, 413 pp.

VERNEUIL, E., y BARRANDE, J. (1856). "Description des fossiles trouvés dans les terrains siluriens et devoniens d'Almaden d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Toledo". Bull. Soc. Geol. France (2), 12, pp. 904-1025.

VILLANUEVA MARTINEZ, M. y IGLESIAS LOPEZ, A. (1984). "Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo". Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 426 pp.

VILLAREJO, D. (1994). "Alcaraz: la CHG debía haber hecho el registro de aguas". La Tribuna 3/5/94. pp. 16.

VILLARROYA GIL, F., REBOLLO, L.F., GARCÍA JIMENEZ, M^a A. (1993). "Estudio para la delimitación de perímetros de protección en la Unidad Hidrogeológica "Mancha Occidental". V Simposio de Hidrogeología, pp. 453 - 468.

VILLARROYA GIL, F. (1996). "El acuífero 23: posibles soluciones". Las Tablas de Daimiel. Enero 1996, pp.14 - 15.

_____. WILLIAMS, M. (1990). "Wetlands: A threatened landscape". The Institute of British Geographers. Great Britain. Oxford.

WINTER, T.C. (1988). "A conceptual framework for assesing cumulative impacts on the Hydrology of nontidal wetlands". Enviromental Management, 12,5 605-620.

WINTER, T.C. and LLAMAS M.R. (1993). "Hydrology of wetlands". Special Issue. Journal of Hydrology Vol,I nº 4.

ABRIR TOMO II (ANEJOS)

